

# Technische Universität Braunschweig

Institut für Baustoffe,  
Massivbau und Brandschutz

Institut für Grundbau  
und Bodenmechanik

## **Schäden an Kanalisationen und deren Sanierung unter Beachtung spezifischer Schadens-/Baustoffkombinationen**

**Literaturstudie im Rahmen des Kooperationsvorhabens**

**"Entwicklung und Pilotbetrieb eines multifunktionalen Roboter-Molchs  
für die Sanierung undichter Abwasserleitungen"**

**1991**

**Untersuchung im Auftrag der  
KTN GmbH & Co. KG, Wendhausen**

**BIBLIOTHEK**  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig  
Beethovenstraße 52  
D-3300 Braunschweig

Schäden an Kanalisationen und deren Sanierung unter Beachtung spezifischer  
Schadens- /Baustoffkombinationen

Literaturstudie im Rahmen des Kooperationsvorhabens

"Entwicklung und Pilotbetrieb eines multifunktionalen Robotor-Molchs für die  
Sanierung undichter Abwasserleitungen"

Beteiligte Wissenschaftler: Prof. Dr.-Ing. F. S. Rostásy  
Dr.-Ing. H. Budelmann  
Dipl.-Ing. K.-Ch. Thienel  
Cand.-Ing. T. Trampenau  
Institut für Baustoffe, Massivbau und  
Brandschutz, IBMB,  
Technische Universität Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. W. Rodatz  
Dipl.-Ing. T. Voigt  
Institut für Grundbau und Bodenmechanik, IGB,  
Technische Universität Braunschweig

1	Einleitung	1
2	Allgemeines	1
3	Inspektionen	3
3.1	Inspektion der Leitungstrasse	3
3.2	Inneninspektion	3
3.2.1	Direkte Inspektion	4
3.2.2	Indirekte Inspektion	4
3.2.2.1	Kanalspiegelung	4
3.2.2.2	Kanalfotographie	5
3.2.2.3	Kanalfernsehen	5
3.2.2.4	Inspektionsverfahren in der Zukunft	6
3.3	Quantitative Schadenserfassung	8
3.3.1	Druckprüfung mit Wasser als Prüfmedium	8
3.3.2	Druckprüfung mit Luft als Prüfmedium	10
3.3.2.1	Prüfung mit Überdruck	10
3.3.2.2	Prüfung mit Unterdruck	11
3.3.3	Rauchtest	11
3.3.4	Akustische Leckortung	12
3.4	Zusammenfassung	13
4	Schäden	13
5	Datenauswertung	20
5.1	Allgemein	20
5.2	Darstellung der Datenbasis für die ausgewählte niedersächsische Kommune	20
5.3	Datenauswertung	22
5.3.1	Anteile der Entwässerungssysteme am Gesamtnetz	22
5.3.2	Altersverteilung der Entwässerungssysteme	24
5.3.3	Schäden in den Entwässerungssystemen	26
5.3.4	Schäden in Abhängigkeit vom Alter der Haltungen	28
5.3.4.1	Bautätigkeit im Kanalnetz	33
5.3.4.2	Schadensarten im Kanal und deren Abhängigkeit vom Alter	35
5.3.5	Schäden der Kanäle in Abhängigkeit vom Rohrmaterial	36
5.3.5.1	Einsatzzeiträume von Rohrwerkstoffen im Kanalnetz	39

5.3.5.2	Schäden pro Schadensart im Kanalnetz	41
5.3.5.3	Untersuchung der Schäden in Mauerwerkhaltungen	43
5.3.5.4	Untersuchung der Schäden in Steinzeughaltungen	44
5.3.5.5	Untersuchungen der Schäden in Betonhaltungen	45
5.3.6	Verteilung der Rohrdurchmesser im Kanalnetz	46
5.4	Auswertung der Haltungen nach Klassifizierungsstufen	48
6	Verfahren zur Schadensbehebung	54
6.1	Allgemeines	54
6.2	Instandsetzungsverfahren	58
6.3	Sanierungsverfahren	61
6.3.1	Allgemeines	61
6.3.2	Beschichtungsverfahren	61
6.4	Relining-Verfahren	64
6.4.1	Rohrstrang-Relining	64
6.4.2	Kurzzrohr-Relining	67
6.4.3	Wickelrohr-Relining	71
6.4.4	Schlauch-Relining	72
6.5	Montageverfahren	76
6.6	Erneuerungsverfahren in geschlossener Bauweise	76
6.6.1	Berstverfahren	77
6.7	Zusammenfassung und Ausblicke	79
7	Hinweise zu weitergehenden einsatzmöglichkeiten eines Kanalroboters	80
7.1	Laufende Dichtigkeitsprüfung	80
7.2	Räumen und Sanieren lokaler Rohreinbrüche	81
8	Literatur	81
	Anhang A	84
	Anhang B	89

## 1 EINLEITUNG

Im Rahmen des vom niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Verkehr geförderten Forschungs- und Entwicklungsvorhabens "Entwicklung und Erprobung eines multifunktionalen Roboters zur Kanalrohrsanierung" sollen das Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (IBMB) und das Institut für Grundbau und Bodenmechanik (IGB) zur wissenschaftlichen Beratung und der Durchführung begleitender Untersuchungen mit der Firma Kanalsanierungstechnik-Nord (KTN) kooperieren.

Ziel des ersten Arbeitsabschnitts ist es, Grundlagen für die Kanalrohrsanierung vornehmlich in nicht begehbaren Querschnitten zu erarbeiten. Dazu ist die entsprechende Literatur zu sichten und zusammenzustellen. Ein wesentliches Augenmerk bei der Arbeit ist dabei auf den vorhandenen Schädigungsgrad der Kanalisation im Hinblick auf neue, gerätespezifische Sanierungsmethoden zu richten. Für die nähere Auswertung sollen in erster Linie Unterlagen niedersächsischer Kommunen herangezogen werden.

Die von den beiden Instituten zusammengestellten Unterlagen werden nach verschiedenen Gesichtspunkten wie Schadensart und -häufigkeit, Material und Alter der Kanalisation ausgewertet. Die Untersuchung soll es ermöglichen, für den Einsatz eines Kanalmolches prädestinierte Sanierungsmethoden aufzuzeigen.

## 2 ALLGEMEINES

Seit ca. 150 Jahren werden in der Bundesrepublik Deutschland planmäßig Kanalisationen und deren dazugehörige Bauwerke hergestellt. Im Jahr 1987 betrug die Gesamtlänge des Öffentlichen Kanalnetzes ca. 310.000 km. Die Gesamtlänge der privaten Grundstücksentwässerungsleitungen lag bei geschätzten 600.000 km /1/.

Nach einer Umfrage der Abwassertechnischen Vereinigung (ATV) aus dem Jahr 1990 wird angenommen, daß ca. 10 - 25 % aller Kanäle die rechnerische Lebenserwartung von 50-100 Jahren bereits heute überschritten haben /2/. Die Umfrage zeigt auch, daß ca. 80 % der Leitungen im nicht begehbaren Bereich

mit Nennweiten von < DN 800 liegen. Aus diesem Grund wird sich diese Arbeit auch zum überwiegenden Teil mit Leitungen dieser Nennweiten beschäftigen.

Da viele verschiedene Werkstoffe und Bauverfahren im Kanalleitungsbau eingesetzt wurden, hat man es mit den verschiedensten Rohrverbindungen, Konstruktionsprinzipien und Entwässerungsverfahren zu tun. Diese Heterogenität läßt es nicht zu, für bestimmte Schäden und Werkstoffe auch gleiche Instandsetzungsverfahren einzusetzen.

Der Zustand der Kanalisationen ist in den letzten Jahren vermehrt in den Blickpunkt der Fachleute aber auch der fachfremden Öffentlichkeit gerückt. Die Gründe sind vielfältig und einleuchtend. Durch exfiltrierendes Abwasser besteht die akute Gefahr der Boden und Grundwasserverunreinigung. Durch infiltrierendes Abwasser kommt es zu Bodeneinspülungen, die Verstopfungen zur Folge haben können. Es entsteht aber auch ein erheblicher Fremdwasseranteil an der zu klärenden Jahresabflußmenge. Hieraus resultieren höhere Kosten beim Abwassertransport und bei der Abwasserreinigung. Darüberhinaus wird durch häufiges Anspringen von Überlastungsbauwerken und damit Abfließen von ungeklärten Abwässern zusätzlich die Umwelt belastet /3, 4/.

Schadhafte Kanäle geben viele Probleme auf, die dringend einer Lösung bedürfen, wie z.B. die Wahl der richtigen Materialien, der optimalen Rohrquerschnitte sowie der richtigen Sanierungs- und Erneuerungsmethoden. Nicht zuletzt sind bis heute die Fragen der rechtlichen Konsequenzen undichter Kanäle für die Betreiber unbeantwortet geblieben. Da das öffentliche Kanalnetz heute wohl den größten Anlagewert einer Kommune darstellt, muß es Aufgabe in der Zukunft sein, den Bestand so gut es nur irgend geht zu erhalten und zu pflegen.

Da davon auszugehen ist, daß ca. 20 % des Kanalbestands in der ehemaligen Bundesrepublik Deutschland defekt sind und zur Schadensbehebung ein Investitionsvolumen von 50 - 100 Mrd. DM erforderlich ist, ist es dringend geboten, umgehend Antworten auf all diese Fragen zu finden /5/.

### **3 INSPEKTIONEN**

Um über den Ist-Zustand einen genauen Überblick zu bekommen, bedarf es umfangreicher Inspektionsverfahren. Unter Inspektion versteht man nach DIN 31051 /6/: "Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes einer Betrachtungseinheit."

Ein Regelwerk über die zeitliche Abfolge von Inspektionen existiert derzeit in der Bundesrepublik noch nicht. Bei dem derzeit vorliegenden Schadensumfang ist aber eine mindestens einmal jährlich stattfindende Untersuchung zu fordern. Nach ATV M 143 T1 /7/ unterscheidet man optische Inspektionsverfahren in:

- Inspektion der Leitungstrasse
- Inneninspektion
- Außeninspektion.

Mit diesen Verfahren kann der größte Teil der im Kanal vorliegenden Schäden quantitativ erfaßt werden. Zur qualitativen Erfassung müssen weitergehende Meß- und Prüfverfahren eingesetzt werden.

#### **3.1 Inspektion der Leitungstrasse**

Die einfachste Art der Inspektion stellt die Besichtigung der Leitungstrasse dar. Mögliche Schäden lassen sich hierbei durch Rissbildung in der Straßendecke oder Sackungen im Fahrbahnbereich erkennen. Bereiche mit stehendem Wasser oder Veränderungen an der umgebenden Bebauung können ebenfalls Hinweise auf einen defekten Kanal sein. Wie bei jedem Inspektionsverfahren werden auch hier Schadensprotokolle angefertigt, die dann bei der Auswahl geeigneter Instandsetzungsmaßnahmen herangezogen werden können.

#### **3.2 Inneninspektion**

Die effektivste Methode Leitungen zu untersuchen ist die Inneninspektion. Dabei werden zwei Arten unterschieden:

Tabelle 3.1 Methoden der Kanalinspektion

INSPEKTION			
DIREKTE		INDIREKTE	
-	Inaugenscheinnahme beim Bekriechen oder Begehen	-	Kanalspiegelung
		-	Kanalfotografie
		-	Kanalfilmaufnahmen
		-	Kanalfernsehen

### 3.2.1 Direkte Inspektion

Die direkte optische Inspektion sollte aus arbeitstechnischen Gründen erst ab einem Rohrquerschnitt  $> DN\ 1000$  angewendet werden, obwohl sie schon ab  $DN\ 600$  erlaubt ist.

Es sollte darauf geachtet werden, daß der Grundwasserstand möglichst hoch ist, um eventuell. eintretendes Wasser feststellen zu können; das gilt analog für die indirekten Verfahren. Innenschäden lassen sich so erkennen. Die lokalisierten Schäden sollten mittels einer Foto-, Film- oder Videokamera dokumentiert werden. Um qualitative Aussagen über die Undichtigkeit machen zu können, müssen zusätzliche Meß- und Prüfverfahren zum Einsatz kommen.

### 3.2.2 Indirekte Inspektion

#### 3.2.2.1 Kanalspiegelung

Die wohl älteste und einfachste Art sich einen Überblick über den Zustand von gradlinig verlegten Kanälen zu verschaffen, ist die Kanalspiegelung.

Mittels eines Spiegels lassen sich aber lediglich Lageveränderungen und Abflußhindernisse feststellen (Bild 3.1). Diese Methode stellt nicht mehr den Stand der Technik dar. Sie wird deswegen heute nur noch selten eingesetzt.



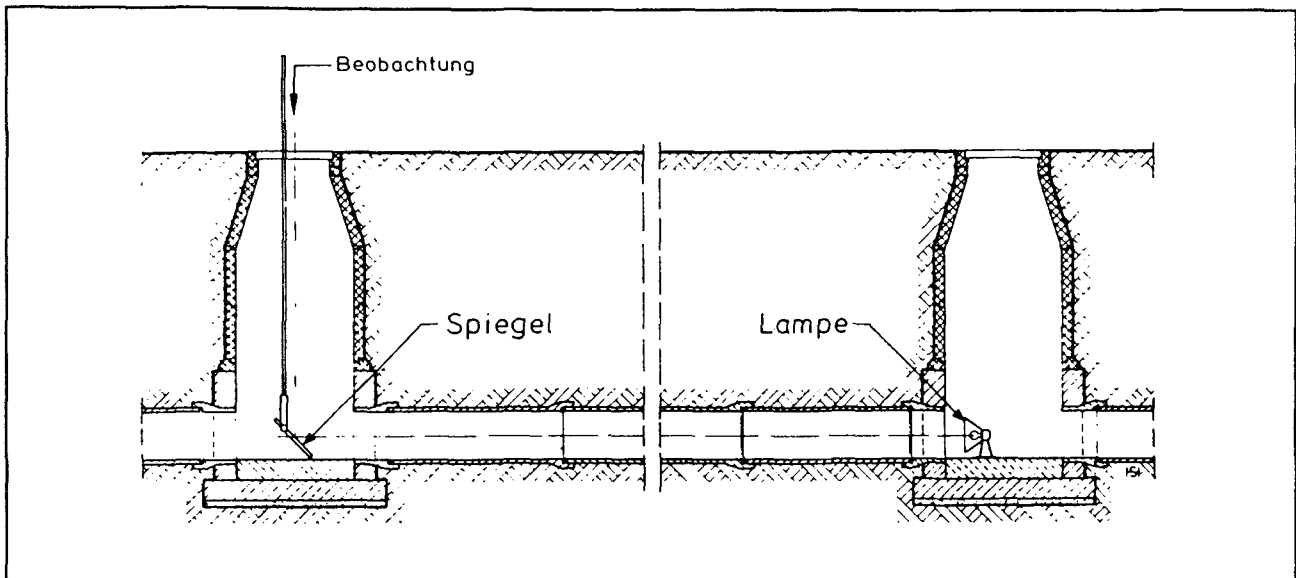


Bild 3.1 Prinzipskizze der Kanalspiegelung

#### 3.2.2.2 Kanalfotographie

Einen Fortschritt gegenüber der Kanalspiegelung stellt die Kanalfotographie dar. Hierbei können bildliche Dokumentationen von Schäden gemacht werden. Dieses Verfahren findet seine Anwendung in Rohren mit Nennweiten von DN 200 bis DN 1000. Entscheidende Nachteile sind,

- daß Fotos nicht an Ort und Stelle entwickelt und kontrolliert werden können,
- daß Protokolle erst nachträglich angefertigt werden können und
- daß Bilder nur in axialer Richtung aufgenommen werden können.

#### 3.2.2.3 Kanalfernsehen

Für die Inspektion nicht begehbarer Kanäle werden in der Gegenwart fast ausschließlich Kanalkameras, sogenannte Kanalfernaugen, eingesetzt. Es gibt eine solche Vielzahl an entwickelten Kameras, daß für jede Aufgabe ein geeignetes System zur Verfügung steht. Ein Kamerasystem besteht aus folgenden Komponenten:

- Kamera
- Transporteinheit
- Kontroll- bzw. Steuereinheit.

Die Prinzipskizze in Bild 3.2 macht den Aufbau und die Arbeitsweise dieser Untersuchungsmethode deutlich. Aufgetretene Schäden werden hier durch Lichtbilder im anzufertigenden Protokoll dokumentiert.

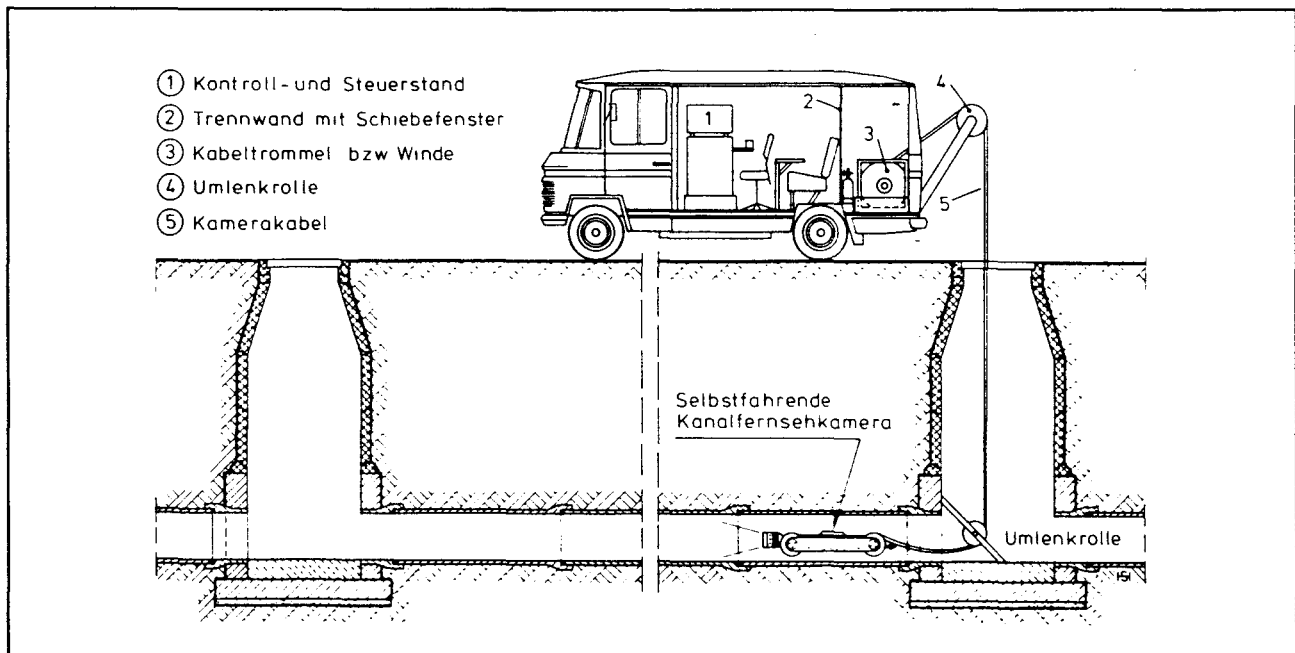


Bild 3.2 Prinzipskizze einer Kanalfernsehtinspektion mit selbstfahrender Kamera und Inspektionsfahrzeug

Undichte Muffen und sehr feine Risse lassen sich auf diese Art allerdings noch nicht erfassen. Zusätzlich zum Kanal-TV sollten qualitative Meß- und Prüfverfahren eingesetzt werden, um das tatsächliche Ausmaß von Undichtigkeiten beurteilen zu können. Mit Spezialsystemen, wie z.B. dem System LIS (Lateral Inspection System), können selbst Hausanschlüsse mit Nennweiten von DN 100 bis 150 inspiziert werden /8/.

#### 3.2.2.4 Inspektionsverfahren in der Zukunft

Da das Erfassen von Schäden eminent wichtig ist, werden ständig neue Verfahren entwickelt. Diese sollen selbst die kleinsten Schäden aufdecken. Zur Zeit befinden sich Verfahren auf der Basis der Infrarot- und Radar-Technik in der Entwicklung. Sie ermöglichen es, ohne Aufgrabungen Aufnahmen von der jeweiligen Leitungstrasse zu machen.

Bei der Infrarot-Meßtechnik macht man sich die Tatsache zu Nutze, daß jeder Körper langwellige Strahlungsanteile aussendet. Die Wellenlänge beträgt dabei zwischen 0,7 und 1000  $\mu\text{m}$  /9, 10/. Bei Undichtigkeiten mit z.B. exfiltrierendem Wasser ist die unmittelbare Umgebung mehr oder weniger wassergesättigt. Es kann aber auch durch In- bzw. Exfiltration zu einer Hohlraumbildung kommen.

Es entstehen also Bereiche unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit, die einen Energiefluß zu Zeiten großer Potentialdifferenz zwischen Luft- und Bodenschicht behindern bzw. beschleunigen. Durch spezielle Kameras lassen sich Bilder der Temperaturverteilung über den Leitungstrassen anfertigen. Die Verteilung der Temperaturen erlauben Rückschlüsse auf eventuell. vorliegende Undichtigkeiten.

Eine weitere Methode zur Leckortung liefert die Radar-Technik. Dabei werden pulsierend elektromagnetische Wellen in den Boden gesendet, die bei Auftreffen auf Objekte mit veränderten physikalischen Eigenschaften reflektiert oder absorbiert werden. Mit Empfangsantennen lassen sich diese Signale aufzeichnen, und die Auswertung liefert dann einen Längsschnitt des Untergrundes parallel zur Bewegungsrichtung /9/. Die Tiefenlage der Objekte wird in Abhängigkeit von der Laufzeit, der Wellenlänge und der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen im Boden bestimmt.

Ein Problem die Entwicklung kleiner Prüfeinheiten. Die Prüfung auf undichte Stellen ist in der derzeitigen Form recht zeit- und kostenintensiv, wenn man bedenkt, daß alle Einmündungen und Abzweige mit Absperrblasen abgedichtet werden müssen. Oft bedarf es auch großer Mengen an Wasser, die zur Prüfung von Leitungen bereit zu halten sind. Darüber hinaus entstehen zusätzliche Kosten, um die Haltung für die Dauer der Prüfung außer Betrieb zu nehmen (Umpumpen der anfallenden Abwassermenge).

Entwicklungsbedarf besteht für kleine Prüfeinheiten, mit denen gezielt Undichtigkeiten untersucht werden können und deren Einsatz der Betrieb der Kanäle nicht beeinflusste. Mit diesen Techniken könnten genauere Aussagen über den Ist-Zustand getroffen werden, als das bisher der Fall ist. Geräte, wie sie heute bereits für die Prüfung von Muffen eingesetzt werden, sind in diesem Zusammenhang denkbar. Ein selbstfahrendes, von außen zu steuerndes Gerät

mit zwei Packern und einer möglichst dazwischen liegenden, kurzen Prüfstrecke ist anzustreben!

### 3.3 Quantitative Schadenserfassung

Die visuellen bzw. optischen Inspektionsverfahren reichen allein zur vollständigen Leckortung nicht aus. Erst in Kombination mit Dichtheitsprüfungen, die sich auf einzelne Haltungen, Leitungsabschnitte, Rohre, Rohrverbindungen oder Einstiegschächte erstrecken können, ist eine optimale Beurteilung des Kanalnetzes möglich /11/. Obwohl nur selten angewendet, trifft man in der Praxis auf folgende Verfahren:

- Druckprüfung mit Wasser als Prüfmedium
- Druckprüfung mit Luft als Prüfmedium
- Rauchttest.

#### 3.3.1 Druckprüfung mit Wasser als Prüfmedium

Dieses Prüfverfahren ist das einzige in Deutschland anerkannte und in DIN 4033 /6/ (Freispiegelleitungen) bzw. DIN 4279 /6/ (Druckrohrleitungen) genormte Verfahren zur Dichtheitsprüfung. Im Folgenden werden die Verfahrensschritte kurz aufgezeigt:

- 1) Wasserdichtes Verschließen der Haltung sowie aller Abzweige und Einmündungen
- 2) Füllen der Leitung mit Wasser nach DIN 4033 /6/, Abs. 9.2.2.2
- 3) Aufbringen des Prüfdruckes.

Der aufzubringende Prüfdruck richtet sich nach dem Grundwasserstand, der Überdeckungshöhe, dem baulichen Zustand und dem zulässigen Luftdruck des Prüfverschlusses des Packers. Der Prüfdruck sollte aber nicht über die hydrostatische Druckhöhe von 1 mWS (0,1 bar) hinausgehen, um Schäden zu vermeiden /9/.

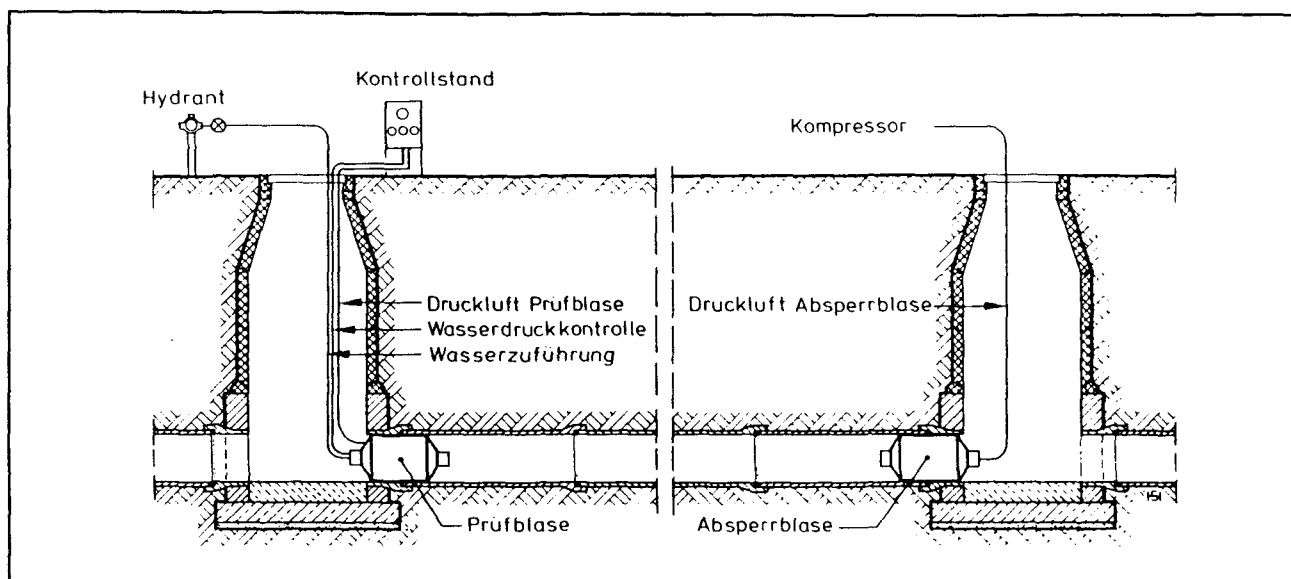


Bild 3.3 Prinzip einer haltungsweisen Dichtheitsprüfung

Die Leitung gilt dann als wasserdicht, wenn die Wasserzugabe in  $l/m^2$  benetzter Innenfläche während der Prüfdauer von 15 min. die in der DIN 4033 /6/ für alle Rohrwerkstoffe angegebenen Werte nicht überschreitet, und die Rohrverbindungen nach DIN 4033, Abs. 9.2.2.4 /6/ dicht sind. Die Prüfung auf Wasserdichtigkeit nach DIN 4033 /6/ erstreckt sich nur auf neuverlegte und noch nicht auf in Betrieb befindliche Leitungen. Die meßtechnische Kontrolle liegt zum einen in der Messung der Zeit, in der ein bestimmter Druckverlust eintritt, zum anderen in der Erfassung der Wassermenge, die zur Aufrechterhaltung des Druckes erforderlich ist.

Die erforderlichen Absperrblasen liegen für Rohrquerschnitte von DN 100 bis DN 4000 sowie auch für alle Ei-Profile vor. Auf dieselbe Art und Weise lassen sich auch kurze Rohrabschnitte prüfen, wobei die Absperrblasen miteinander gekoppelt sind und mit Winden an die zu überprüfende Stelle transportiert werden. Eine Lagekontrolle mittels Kanal-TV ist dabei durchzuführen.

Um undichte Muffen prüfen zu können, sind spezielle Prüfgeräte entwickelt worden. Sie arbeiten nach dem gleichen Prinzip oder mittels Messung der elektrischen Leitfähigkeit zwischen zwei Metallscheiben. Die genaue Funktionsweise ist bei Stein, Niederehe - Instandhaltung von Kanalisationen - nachzulesen /11/.

### 3.3.2 Druckprüfung mit Luft als Prüfmedium

#### 3.3.2.1 Prüfung mit Überdruck

Im Gegensatz zu anderen Ländern, wie z.B. den USA, Österreich oder Schweden, stellt die Dichtheitsprüfung mit Luft als Prüfmedium in Deutschland kein genormtes Verfahren dar. Die Gründe hierfür enthält ATV A 139 /7/:

"Zwischen einer Prüfung mit Wasser und einer Prüfung mit Druckluft oder Rauchgas besteht keine Korrelation. Druckluftprüfungen gestatten nur eine Aussage über die Gasdichtheit des Kanals, nicht jedoch über die Wasserdichtheit. Sie können daher nur als zusätzliche Maßnahme betrachtet werden, ersetzen aber nicht die Prüfung auf Wasserdichtheit nach DIN 4033 /6/. Auf die besondere Unfallgefahr bei Prüfungen mit Druckluft wird hingewiesen."

Zum Absperren der zu prüfenden Leitungsabschnitte bzw. Rohrverbindungen können die gleichen Rohrverschlüsse bzw. Packer verwendet werden, wie bei der Prüfung mit Wasser. Das Funktionsprinzip ist dem, unter Punkt 3.3.1 bereits beschriebenen Prinzip, ähnlich. Mit welchen Werten man dabei z.B. in Österreich arbeitet, wird im Folgenden angegeben.

- Verschließen aller Abzweige und Einmündungen,
- Aufbringen des Prüfdruckes von 0,3 bar,
- Prüfdauer = 15 Minuten.

Fällt dabei der Druck unter 0,25 bar ab, so ist die Leitung als undicht anzusehen. Dieses Verfahren bietet folgende Vorteile gegenüber der Prüfung mit Wasser als Prüfmedium /9, 11/:

- Keine Füllung der Prüfstrecke mit Wasser, daher keine Wasserbeschaffungsprobleme und keine Wasserschäden bei schlagartigem Rohrbruch
- In der gesamten Prüfstrecke ist ein konstanter Prüfdruck wirksam, auch im Hochpunkt der Prüfstrecke, unabhängig vom Verlegegefälle
- Schneller Aufbau der Prüfeinrichtung und schnelle, überdrucksichere Prüfungsdurchführung
- Schnelles Erkennen von Leckstellen durch Zugabe von Rauchgas

- Durchführung der Dichtheitsprüfung auch bei Temperaturen unter 0° C (frostsicher)
- Übersichtlicher Aufbau und leichte Anwendung des verschleißfreien Prüfgerätes
- Hohe Arbeitsgeschwindigkeit (pro Tag ca. 20 Haltungen mit je 50 m Länge)
- Kosteneinsparung

### 3.3.2.2 Prüfung mit Unterdruck

Analog zur Dichtheitsprüfung mit Druckluft und Wasser wird die zu untersuchende Haltung mit einem Unterdruck von 0,5 bar beaufschlagt. Stellt sich dabei ein "Druckabfall" ein, so ist mit Undichtigkeiten zu rechnen. Je nach Art und Umfang des Schadens werden dabei Luft, Wasser, Boden oder entsprechende Gemische angesogen. Richtwerte für den zulässigen "Druckabfall" liegen in Anbetracht dieser komplizierten Zusammenhänge noch nicht vor. Weitere Untersuchungen dazu findet man in /9/. Die Vorteile gegenüber der Prüfung mit Überdruck /9/ sind:

- Die Unfallgefahr durch sich entspannenden Überdruck entfällt
- Widerlager für die Prüfverschlüsse sind nicht erforderlich
- Akustische Leckortung durch Feststellen der Geräuschquelle infolge eines einströmenden Mediums ist möglich.

### 3.3.3 Rauchtest

In den USA wird diese schnelle und preiswerte Methode eingesetzt, um illegale Anschlußkanäle oder Quellen von Fremdwasserzuflüssen erfassen zu können. Das Verfahren ist nur bei Haltungen anwendbar, die oberhalb des Grundwasserspiegels liegen. Nachdem die Haltung mit Absperrblasen verschlossen wurde, wird der Rauch, der selbst kalt, weiß, geruchlos, frei von Öl- und Farbpartikeln und somit nicht gesundheitsgefährdend ist, mittels Rauchbomben eingebracht. Dabei können Leitungen mit einer Länge bis zu 300 m untersucht werden. Das Beobachtungsteam besteht aus drei Personen, die gegebenenfalls auftretende Schäden analysieren und mittels Fotoaufnahmen dokumentieren. Folgende Voraussetzungen müssen erfüllt sein /11/:

- durchgängiger Luftraum im gesamten Testbereich,

- Grundwasserstand unterhalb der Leitungssohle,
- die Geländeoberkante muß Schneefrei sein,
- der Boden darf weder gefroren noch wassergesättigt sein.

Vor dem Durchführen des Rauchtestes sind die Anwohner, die Feuerwehr, die Polizei u.a. zu verständigen.

### 3.3.4 Akustische Leckortung

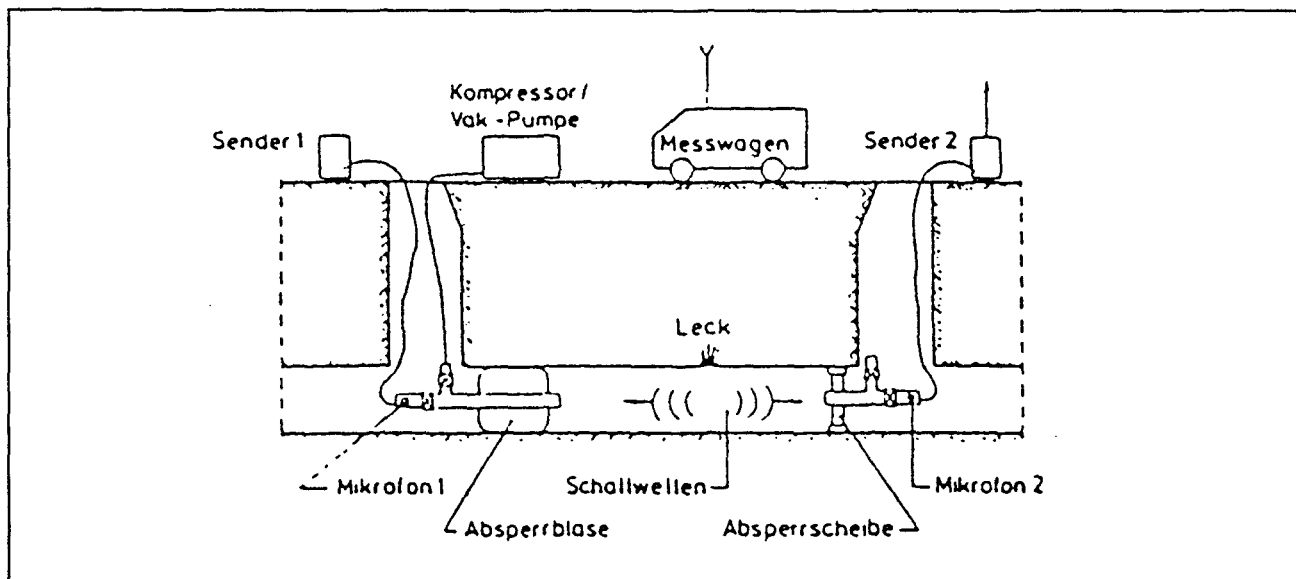


Bild 3.4 Leckortung nach dem Secorr-Verfahren (Akustische Leckortung)  
(Severin GmbH)

Das Verfahren wurde auf dem Gebiet der Wasserversorgungstechnik entwickelt und basiert auf der Korrelationsmeßmethodik. Es sind folgende Arbeitsschritte sind durchzuführen:

- Außerbetriebnahme des zu untersuchenden Leitungsabschnittes
- völliges Entleeren des Leitungsabschnittes
- Verschließen der Haltung mit Prüfverschlüssen bzw. Absperrblasen
- Beaufschlagen der Haltung mit Druckluft.

Die durch das Leck entweichende Luft erzeugt ein Geräusch, das mit Hilfe von integrierten Gasschallaufnehmern (Mikrophone) in elektrische Signale umgewandelt wird. Aus den unterschiedlichen Laufzeiten des Schalls zu den Mikropho-



nen, in Abhängigkeit von der Schallgeschwindigkeit, läßt sich der Abstand von Geräuschquelle zu Meßwertaufnehmer berechnen /12, 9/.

### 3.4 Zusammenfassung

Im Interesse des Gewässerschutzes ist die Leckortung ein wichtiger Bestandteil der Inspektion. Folgende Verfahren sind hierbei möglich:

- optische Inspektionen
- Dichtheitsprüfungen
- akustische Leckortung
- Infrarot- und Radar-Technik.

Kleinere Geräteeinheiten, die es ermöglichen, auch ohne Aufgrabungen schnelle, kostengünstige und sichere Beurteilungen der Dichtheit vorzunehmen, sind anzustreben.

Die optische Inneninspektion ist heute Stand der Technik. Sie allein reicht allerdings nicht aus, um eine vollständige Beurteilung der Leitung zu gewährleisten. Um dieses sicherzustellen, bedarf es zusätzlich mindestens einer der o.a. Prüfverfahren. Für diese Prüfverfahren liegen bis dato noch keine Durchführungsbestimmungen in Form von Arbeits- und Merkblättern in der Bundesrepublik Deutschland vor. Die akustische Leckortung, aber auch die Infrarot- und Radar-Technik, befinden sich noch in der Entwicklung.

Es läßt sich abschließend feststellen, daß der Problembereich der Leckortung in Kanalisationen noch nicht als gelöst betrachtet werden kann. Die noch vorhandenen Defizite müssen durch entsprechende Forschungsarbeiten beseitigt werden.

## 4 SCHÄDEN

Im Laufe seiner Nutzung unterliegt ein Kanal vielfältigen Beanspruchungen. Diese Beanspruchungen können biologischer, chemischer, biochemischer oder physikalischer Natur sein. Die genannten Anforderungen führen früher oder später zu Schäden im Kanalnetz. "Ein Schaden, im Sinne der DIN 31051 liegt

dann vor, wenn im Hinblick auf die Verwendung unzulängliche Beeinträchtigungen der Funktionsfähigkeit gegeben ist" /6/. Bild 4.1 stellt den zeitlichen Verlauf bis zum Eintritt des Schadens dar.

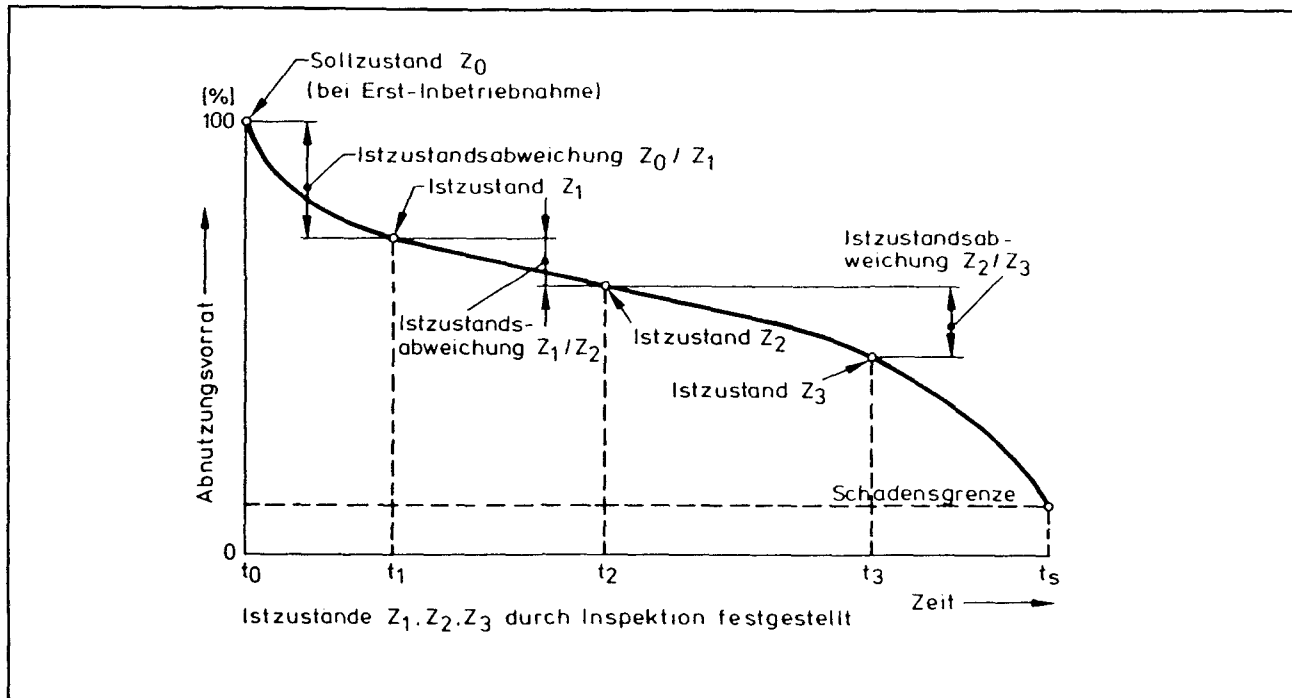


Bild 4.1 Abbau des Abnutzungsvorrates einer Kanalhaltung

Durch regelmäßige Kontrollen lassen sich Schäden schon frühzeitig erkennen; geeignete Instandhaltungsmaßnahmen können eingeleitet werden. Eine Zusammenstellung von Schäden, die in Abwasserleitungen auftreten zeigt Tabelle 4.1 /13/. Die Beurteilung muß grundsätzlich in Abhängigkeit vom Werkstoff und Schadensumfang erfolgen.

Da gleiche Schadensbilder unterschiedliche Ursachen haben können, ist die Beurteilung von Schäden vielfach problematisch. In früheren Jahren wurden Kanäle mit dem Ziel gebaut, möglichst viele Haushalte kostengünstig und schnell anzuschließen, um deren Abwässer einer Kläranlage zuzuführen. Dabei wurde in vielen Fällen nicht auf eine ordnungsgemäße Verletechnik und optimale Materialwahl geachtet. Die daraus resultierenden Probleme sind heute zu lösen; aus den alten Fehlern sind die entsprechenden Schlüsse zu ziehen. Hinzu kommen aber auch neue Belastungsarten, die man bei ursprünglichen Planungen nicht absehen konnte, wie z.B. die Zunahme an Schwerlastverkehr, das Vorhandensein von Großbaustellen mit entsprechenden Großgeräten und der Aufbau von Straßenbahnnetzen. Die hieraus resultierenden dynamischen Belastun-

gen, die zweifelsohne zu Schäden führten und heute noch führen, waren nicht abzuschätzen.

Tabelle 4.1 Zusammenstellung der Schäden an Abwasserkanälen und -leitungen

Einschränkung der Funktionsfähigkeit der Betrachtungseinheit	
ohne	mit
Auswirkung auf deren baulichen Zustand	
- Undichte Rohrverbindungen	- Lageabweichungen
- materialbedingte Rohrundichtigkeit	- mechanischer Verschleiß
- Abflußhindernisse	- Korrosion
	- Verformung
	- Längsrisse
	- Querrisse
	- Rohrbruch
	- Einsturz
	- Risse, von einem Punkt ausgehend und/oder Scherbenbildung

Zu den Schadensverursachern moderner Prägung zählt auch die Zusammensetzung der Abwässer, die sich im Laufe der Zeit verändert hat. Es sind zunehmend aggressive chemische Substanzen wie z.B. Chlorkohlenwasserstoffe (CKW) in Form von Lösungsmitteln in den Abwässern enthalten. Allerdings unterliegen nicht allein die benetzten Anlagenteile der Korrosion durch aggressive Medien, sondern auch oberhalb des Wasserspiegels - im Gasraum - ist Korrosion festzustellen. Sie wird hervorgerufen durch biogene Schwefelsäure. Sie entwickelt sich aus flüchtigen Schwefelsäureverbindungen, die direkt eingeleitet werden bzw. entsteht bei mikrobiellen Umwandlungsprozessen in Rohrablagerungen. Weitere Ursachen für Schäden sind Werkstoffunverträglichkeiten, tektonische Veränderungen des Untergrundes, Boden- und Grundwasseraggressivität, mechanischer Verschleiß, Ablagerungen in Rohren und Kavitation.

Die hier nur kurz angesprochenen Beanspruchungen, denen Leitungen unterliegen, stellen nur einen geringen Teil der tatsächlich auftretenden Anforderun-

gen an einen Kanal dar. Es würde den Rahmen dieses Entwurfes sprengen, wollte man auf alle Einzelheiten dieses Themenkomplexes eingehen. Umfassende Ausführungen zu diesem Thema sind bei Stein/Niederehe zu finden /11/. Eine kurze Zusammenfassung über auftretende Schäden, mögliche Schadensursachen und Schadensfolgen gibt die folgende Tabelle /7/.

**Tabelle 4.2 Übersicht über mögliche Schäden, Schadensursachen und Schadensfolgen an Kanalisationen**  
Fortsetzung Seite 28 ff.

Nr.	Schäden	Mögliche Schadensursachen	Mögliche Schadensfolgen (In Abhängigkeit vom Schadensumfang)
1	<b>1.1 Undichtigkeiten</b> 1.1.1 Rohrverbindungen bzw. Bauteil- oder Bauwerksfugen 1.1.2 Rohr- oder Bauwerkswandungen 1.1.3 Anschlüsse an Rohre, Schächte oder Bauwerke	1.2.1 Nichtbeachtung von DIN 1986, DIN 4033, DIN 19 550, Werkstoffnormen oder Regelwerke und Richtlinien bei: 1.2.1.1 - Planung 1.2.1.2 - Werkstoff- oder Bauteilauswahl 1.2.1.3 - Bauausführung 1.2.1.4 - Betrieb 1.2.2 Werkstoffalterung 1.2.3 Als Folge von - Lageabweichungen (3.1) - Mechanischem Verschleiß (4.1) - Korrosion (5.1) - Verformung (6.1) - Risse (7.1) - Rohrbruch (8.1) - Einsturz (9.1)	1.3.1 Austritt von Abwasser (Exfiltration) 1.3.1.1 Schadstoffeintrag in Grundwasser und Boden 1.3.1.2 Schädigende Auswirkungen auf Leitungen, Bauwerke oder Straßenoberbau 1.3.1.3 Änderung der Bettungsbedingungen mit Folgeschäden wie Lageabweichungen (3.1), Verformung (6.1), Risse (7.1), Rohrbruch (8.1) oder Einsturz (9.1) 1.3.2 Eindringen von Grundwasser (Infiltration) und Boden 1.3.2.1 Erhöhung des Fremdwasseranteils, dadurch Erhöhung der Kosten für Abwassertransport und Abwasserreinigung sowie der Abwasserabgabe 1.3.2.2 Erhöhung des Wartungsaufwandes 1.3.2.3 Hydraulische Mehrbelastung ggf. Überlastung der Kanäle, Pumpwerke oder Kläranlagen 1.3.2.4 Absenkung des Grundwasserspiegels verbunden mit Schäden an der Bebauung und am Bewuchs 1.3.2.5 Verfestigte Ablagerungen (2.1.1), Inkrustation (2.1.2) 1.3.2.6 wie 1.3.1.3 1.3.2.7 Hohlraumbildung verbunden mit Setzungen und/oder Einstürzen 1.3.3 Wurzeleinwuchs (2.1.4)

**Tabelle 4.2 Übersicht über mögliche Schäden, Schadensursachen und Schadensfolgen an Kanalisationen**

Nr.	Schäden	Mögliche Schadensursachen	Mögliche Schadensfolgen (In Abhängigkeit vom Schadensumfang)
2	<b>2.1 Abflußhinder- nisse, z.B.</b> 2.1.1 Verfestigte Ablagerungen 2.1.2 Inkrustationen 2.1.3 Einragende Abflußhinder- nisse 2.1.4 Wurzeleinwuchs	2.2.1 Nichtbeachtung von DIN 4033, DIN 1986 Teil 3, ATV A 115 2.2.1.1 Fehlerhafte Planung (z.B. Leitungsgefälle) 2.2.1.2 Fehlerhafte Bauausführung 2.2.1.3 Einleitung ablagerungs- und/oder abbindefähiger Stoffe 2.2.1.4 Nicht wurzelfeste Dichtstoffe oder Rohrverbindungen 2.2.2 Betriebsfremde Einflüsse 2.2.3 Als Folge von Undichtigkeiten (1.1)	2.3.1 Reduzierung der hydraulischen Leistungsfähigkeit 2.3.2 Verstopfungen 2.3.3 Erhöhung des Wartungsaufwandes
3	<b>3.1 Lageab- weichungen</b> 3.1.1 Vertikalrichtung (z.B. Versatz) 3.1.2 Horizontalrichtung 3.1.3 Axialrichtung	3.2.1 Fehlerhafte Planung (1.2.1.1) und Bauausführung (1.2.1.3) 3.2.2 Hydrogeologische Veränderungen 3.2.3 Belastungsänderungen 3.2.4 Setzungen 3.2.5 Bergsenkungen und Erdbeben 3.2.6 Als Folge von Undichtigkeiten (1.1)	3.3.1 Abreißen von Anschlußleitungen 3.3.2 Verlust der Funktionsfähigkeit durch Gegengefälle 3.3.3 Erhöhung des Wartungsaufwandes 3.3.4 Undichtigkeiten (1.1) 3.3.5 Abflußhindernisse (2.1) 3.3.6 Risse (7.1) 3.3.7 Rohrbruch (8.1)
4	<b>4.1 Mechanischer Verschleiß</b>	4.2.1 Ungeeignete Werkstoffe und Bauteile 4.2.2 Feststofftransport (Abrieb) 4.2.3 Kavitation 4.2.4 Ungeeignete Reinigungsverfahren oder -geräte	4.3.1 Reduzierung der Wanddicke (Verringerung der Tragfähigkeit und Dichtigkeit (1.1)) 4.3.2 Erhöhung der Wandrauheit mit z.B. Reduzierung der hydraulischen Leistungsfähigkeit
5	<b>5.1 Korrosion</b> <b>5.1.1 Außenkorrosion</b>	5.2.1.1 Nichtbeachtung der Grenzwerte nach Normen und Richtlinien (z.B. DIN 4030 für Beton bzw. zementgebundene Werkstoffe oder DVGW GW 9 für Eisen und Stahl) bei Boden- und Grundwasseraggressivität 5.2.1.2 In den Boden oder in das Grundwasser eingeleitete aggressive Substanzen 5.2.1.3 Elektrochemische Einwirkungen (metallische Werkstoffe) 5.2.1.4 Korrosion bei zusätzlicher mechanischer Beanspruchung (metallische Werkstoffe und Kunststoffe) 5.2.1.5 Fehlender, unsachgemäß hergestellter oder beschädigter Korrosionsschutz 5.2.1.6 Bildung galvanischer Elemente (Kontaktkorrosion bei metallischen Werkstoffen)	5.3.1.1 Reduzierung der Wanddicke (Verringerung der Tragfähigkeit und Dichtigkeit (1.1)) 5.3.1.2 Undichtigkeiten (1.1) 5.3.1.3 Verformung (6.1) 5.3.1.4 Risse (7.1) 5.3.1.5 Rohrbruch (8.1) 5.3.1.6 Einsturz (9.1)

Tabelle 4.2 Übersicht über mögliche Schäden, Schadensursachen und Schadensfolgen an Kanalisationen

Nr.	Schäden	Mögliche Schadensursachen	Mögliche Schadensfolgen (In Abhängigkeit vom Schadensumfang)
	<b>5.1.2 Innenkorrosion</b>	5.2.2.1 Nichtbeachtung von DIN 1986 Teil 3, oder ATV A 115 5.2.2.2 Nichtbeachtung der Grenzwerte nach Normen und Richtlinien (z.B. DIN 4030 für Beton bzw. zementgebundene Werkstoffe) 5.2.2.3 Bildung von aggressivem Abwasser durch verschiedene eingeleitete Substanzen; Beeinflussung auch durch Betriebsbedingungen 5.2.2.4 Biogene Säurekorrosion in teilgefüllten Entwässerungskanälen und Bauwerken aus zementgebundenen und sonstigen säureempfindlichen Werkstoffen 5.2.2.5 wie 5.2.1.4 5.2.2.6 wie 5.2.1.5	5.3.2.1 Reduzierung der Wanddicke (Verringerung der Tragfähigkeit und Dichtigkeit (1.1)) 5.3.2.2 Erhöhung der Wandrauhheit mit z.B. Reduzierung der hydraulischen Leistungsfähigkeit 5.3.2.3 Undichtigkeiten (1.1) 5.3.2.4 Verformung (6.1) 5.3.2.5 Risse (7.1) 5.3.2.6 Rohrbruch (8.1) 5.3.2.7 Einsturz (9.1)
6	<b>6.1 Verformung</b> bei statisch biegeweichen Rohren über den zulässigen Wert	6.2.1 Nichtbeachtung von DIN 4033, ATV A 127, z.B. durch 6.2.1.1 - Fehlende oder fehlerhafte statische Berechnung 6.2.1.2 - Einbau ungeeigneter oder fehlerhafter Rohre 6.2.1.3 - Abweichung der Last- und/oder Auflagerbedingungen von Planungsannahmen 6.2.1.4 - Unsachgemäßes Verlegen und/oder Einbetten; mangelhafte Ringraumverfüllung bei geschlossener Bauweise 6.2.1.5 - Unsachgemäßer Einbau von Verdichtungsgeräten 6.2.1.6 - Unsachgemäße Beseitigung des Verbaus 6.2.1.7 - Temperatureinwirkungen 6.2.2 Als Folge von Undichtigkeiten (1.1), Mechanischem Verschleiß (4.1) oder Korrosion (5.1)	6.3.1 Reduzierung der hydraulischen Leistungsfähigkeit 6.3.2 Verstopfungen 6.3.3 Erhöhung des Wartungsaufwandes 6.3.4 Rißgefahr bei Formstücken an den Stellen, die durch angeformte Abzweige, Knicke usw. steifer sind als das unversteifte Rohr 6.3.5 Beulgefahr bei sehr großen Verformungen 6.3.6 Spannungsrißkorrosion 6.3.7 Undichtigkeiten (1.1) 6.3.8 Risse (7.1) 6.3.9 Rohrbruch (8.1) 6.3.10 Einsturz (9.1)

**Tabelle 4.2 Übersicht über mögliche Schäden, Schadensursachen und Schadensfolgen an Kanalisationen**

Nr.	Schäden	Mögliche Schadensursachen	Mögliche Schadensfolgen (In Abhängigkeit vom Schadensumfang)
7	<b>7.1 Risse</b>	7.2.1. Nichtbeachtung von DIN 4033, ATV A 127	7.3.1 Undichtigkeiten (1.1)
		7.2.2 Beschädigung der Rohre beim Transport, Lagern, Verlegen Einbetten, Überschütten oder Verdichten	
		7.2.3 Kriegseinwirkungen	
	<b>7.1.1 Längsrisse</b>	7.2.1.1 Linienlagerung	7.3.1.1 Rohrbruch (8.1)
		7.2.1.2 Als Folge von Undichtigkeiten (1.1), Lageabweichungen (3.1), Mechanischem Verschleiß (4.1), Korrosion (5.1) oder Verformung (6.1)	7.3.1.2 Einsturz (9.1)
	<b>7.1.2 Querrisse</b>	7.2.2.1 Unzulässige Einwirkung von Einzellasten (Punktlagerung, Reiten der Muffe, Steine in der Leitungszone)	
		7.2.2.2 Nicht gelenkig ausgebildeter Bauwerksanschluß	
		7.2.2.3 Als Folge von Undichtigkeiten (1.1), Lageabweichungen (3.1), Mechanischem Verschleiß (4.1), Korrosion (5.1) oder Verformung (6.1)	
8	<b>8.1 Rohrbruch (Fehlen von Rohrwandungsteilen infolge von Rissen)</b>	7.2.3.1 Unzulässige Einwirkung von Einzellasten (Punktlagerung, Reiten der Muffe, Steine in der Leitungszone)	7.3.3.1 Rohrbruch (8.1) 7.3.3.2 Einsturz (9.1)
		8.2.1 Als Folge von Undichtigkeiten (1.1), Mechanischem Verschleiß (4.1), Korrosion (5.1), Risse (7.1)	8.3.1 Undichtigkeiten (1.1) 8.3.2 Einsturz (9.1)
9	<b>9.1 Einsturz</b>	9.2.1 Als Folge von Undichtigkeiten (1.1), Mechanischem Verschleiß (4.1), Korrosion (5.1), Verformung (6.1), Risse (7.1), Rohrbruch (8.1)	9.3.1 Extremschaden

## **5 DATENAUSWERTUNG**

### **5.1 Allgemein**

Es hat sich als sehr schwierig erwiesen, geeignete Daten, die bereits EDV-mäßig aufgearbeitet wurden, von den Kommunen in Niedersachsen zu erhalten. Deshalb werden an einem ausgewählten Datensatz einer niedersächsischen Kommune, im Vergleich zur Bundesrepublik Deutschland, sowohl grundsätzliche als auch spezielle Probleme der Datenauswertung zu behandeln.

Für den ausgewählten Datensatz erstreckt sich der Untersuchungszeitraum der Kanäle über vier Jahre von 1985 - 1989. Dem gegenübergestellt werden Daten einer Studie, die im Mai 1987 von der Abwassertechnischen Vereinigung (ATV) auf Veranlassung der Ländergemeinschaft Wasser (LAWA) bei der Ingenieursozialtät Technologie Consult, Bochum in Auftrag gegeben wurde /14/. Diese Studie basiert einerseits auf einer die Verfahren zur Behebung von Schäden an Entwässerungskanälen und Leitungen betreffenden Literaturstudie und andererseits auf der Auswertung einer zu diesem Thema bei Anwendern und ausführenden Fachfirmen durchgeführten schriftlichen Umfrage. Desweiteren werden Umfrageergebnisse der ATV von 1990 zum Vergleich herangezogen /15/.

### **5.2 Darstellung der Datenbasis für die ausgewählte niedersächsische Kommune**

Die Gesamtlänge des heutigen Kanalnetzes der Stadt (< 100000 Einwohner) liegt bei über 400 km. Ausgewertet wurden bisher 840 Haltungen mit einer Gesamtlänge von 32,18 km (ca. 8 %). Bei der Auswertung wurde von drei Entwässerungsbezirken ausgegangen:

- der Innenstadt
- Sondergebiet mit starken Bodenbewegungen
- den Außenbezirken.

Sofern nicht ausdrücklich auf andere Städte Bezug genommen wird, ist in der nachfolgenden Auswertung immer von dieser Stadt die Rede.



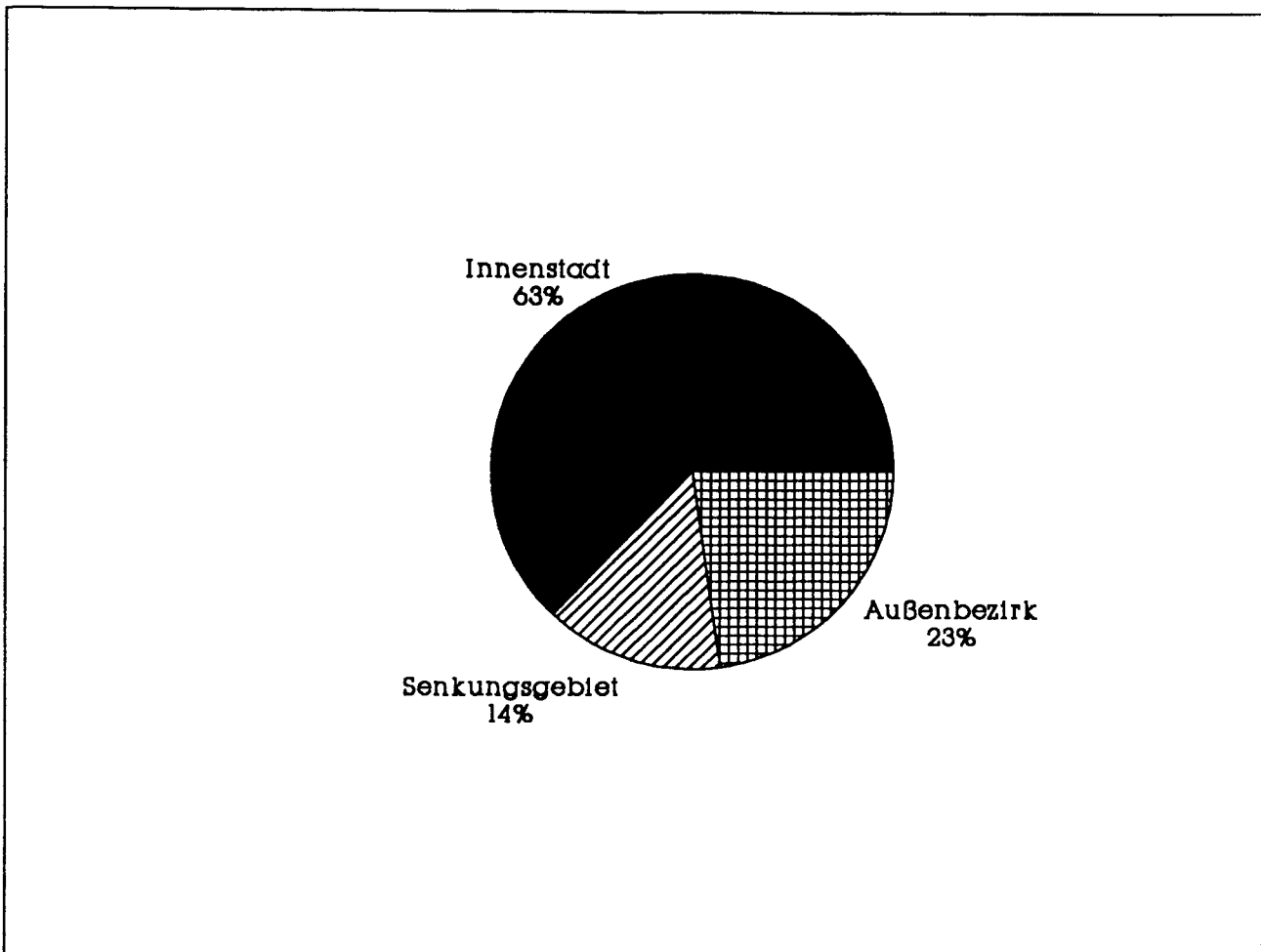


Bild 5.1 Anteile der Entwässerungsgebiete am Gesamtkanalnetz

Von den 840 Haltungen, die zur Auswertung herangezogen wurden, liegen 528 (63 %) im Bereich der Innenstadt, 191 (23 %) in den Außenbezirken und 121 (14 %) Haltungen im Bereich des Sondergebietes (Bild 5.1). Hieraus folgt, daß der Bereich der Innenstadt in die Datenauswertung überproportional eingegangen ist. Bei allen Interpretationen der nachfolgenden Ergebnisse ist dieses zu berücksichtigen!

Die für die Studie der ATV 1988 durchgeführte Umfrage umfaßt 70 bundesdeutsche Städte mit jeweils mehr als 100.000 Einwohnern, wovon lediglich 46 Fragebögen (69 %) so beantwortet wurden, daß sie für die Auswertung herangezogen werden konnten.

Die ATV-Umfrage von 1990 beinhaltet 72 Städte und Gemeinden mit insgesamt 14,3 Mio. Einwohnern und einer Gesamtkanallänge von 45.951 km. Das sind ca. 15 % der Gesamtlänge des bundesdeutschen öffentlichen Kanalnetzes. Im Vergleich zu früheren Umfragen (ATV-Umfrage von 1984/85) sind die Ergebnisse für

die Bundesrepublik Deutschland repräsentativ. Weitere Angaben sind /14, 15/ zu entnehmen.

### **5.3 Datenauswertung**

Es werden fünf Hauptschadensarten ausgewertet:

- Rißbildung
- Materialzerstörung
- Abflußhindernisse
- Grundwassereintritt
- Muffenfehler.

Je nach Art und Schwere der auftretenden Schäden wurden die Kanäle nach einem vorher festgelegten Punktsystem in fünf Schadensstufen eingeteilt. Die in den Stufen eins und zwei enthaltene Leitungen bedürfen einer sofortigen Sanierung. In den Stufen drei und vier sind Kanäle aufgeführt, deren Beeinträchtigungen eine Sanierung zu einem späteren Zeitpunkt zulassen. Die Haltungen, die in der Schadensstufe fünf enthalten sind, können als intakt angesehen werden. Die Gesamtpunktzahlen der Schadensstufe fünf ergeben sich fast ausschließlich aus Punkten die den Stammdaten zugewiesen sind, die mit in die Bewertung der Haltungen eingegangen ist und nur sehr selten aus Punkten die den Schadensumfang ausdrücken.

#### **5.3.1 Anteile der Entwässerungssysteme am Gesamtnetz**

Im einem ersten Schritt der Auswertung wird untersucht, inwieweit das Entwässerungssystem einen Einfluß auf die Schäden in den Kanälen hat. Die Vermutung liegt nahe, daß im Misch bzw. Schmutzwassernetz aggressive Abwässer korrosiv einwirken können.

58 % des Kanalnetzes bestehen aus Trenn und 42 % aus Mischkanalisation (Bild 5.2). Das stellt im Vergleich zu den Verteilungen der Entwässerungsverfahren der Städte Hannover 17 % (Bild 5.3) und Hildesheim 20 % (Bild 5.4) einen doppelt so großen Anteil an Leitungen, die im Mischverfahren entwässert werden, dar.

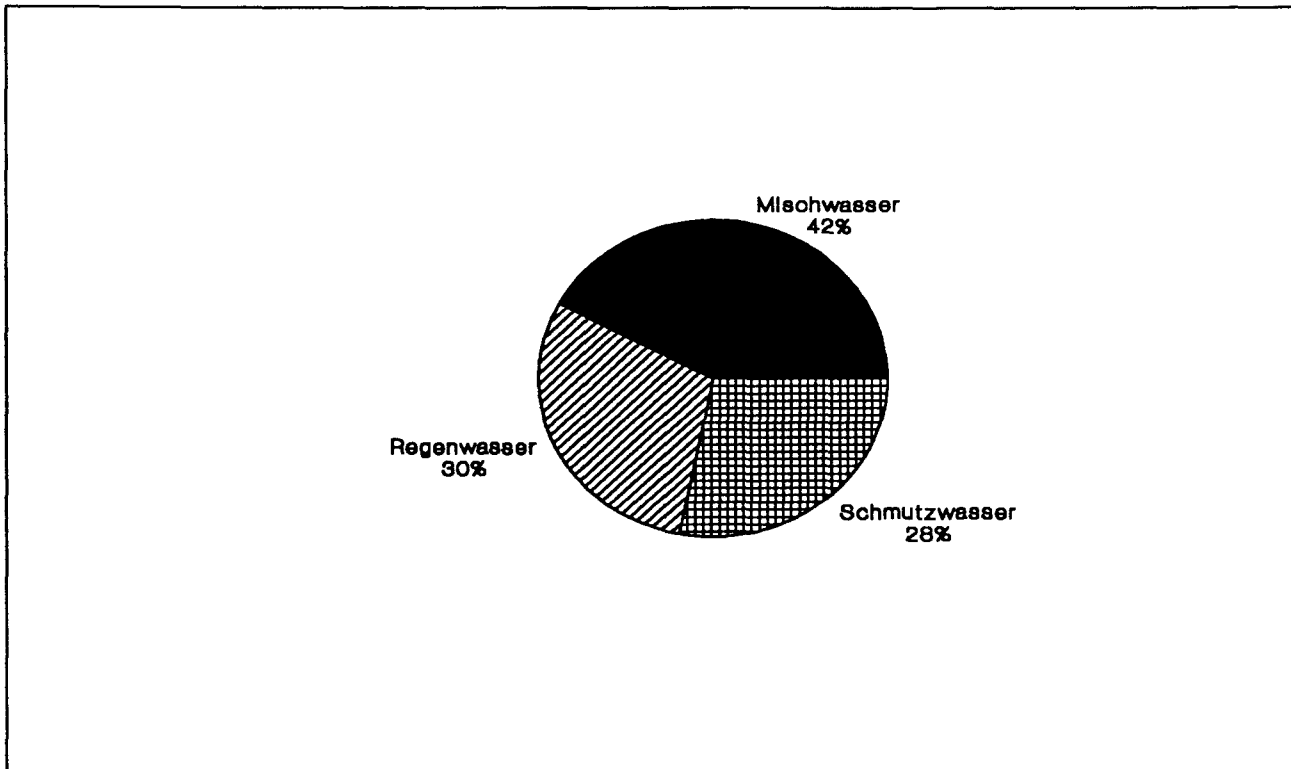


Bild 5.2 Anteile von Trenn- & Mischkanalisation am Gesamtkanalnetz

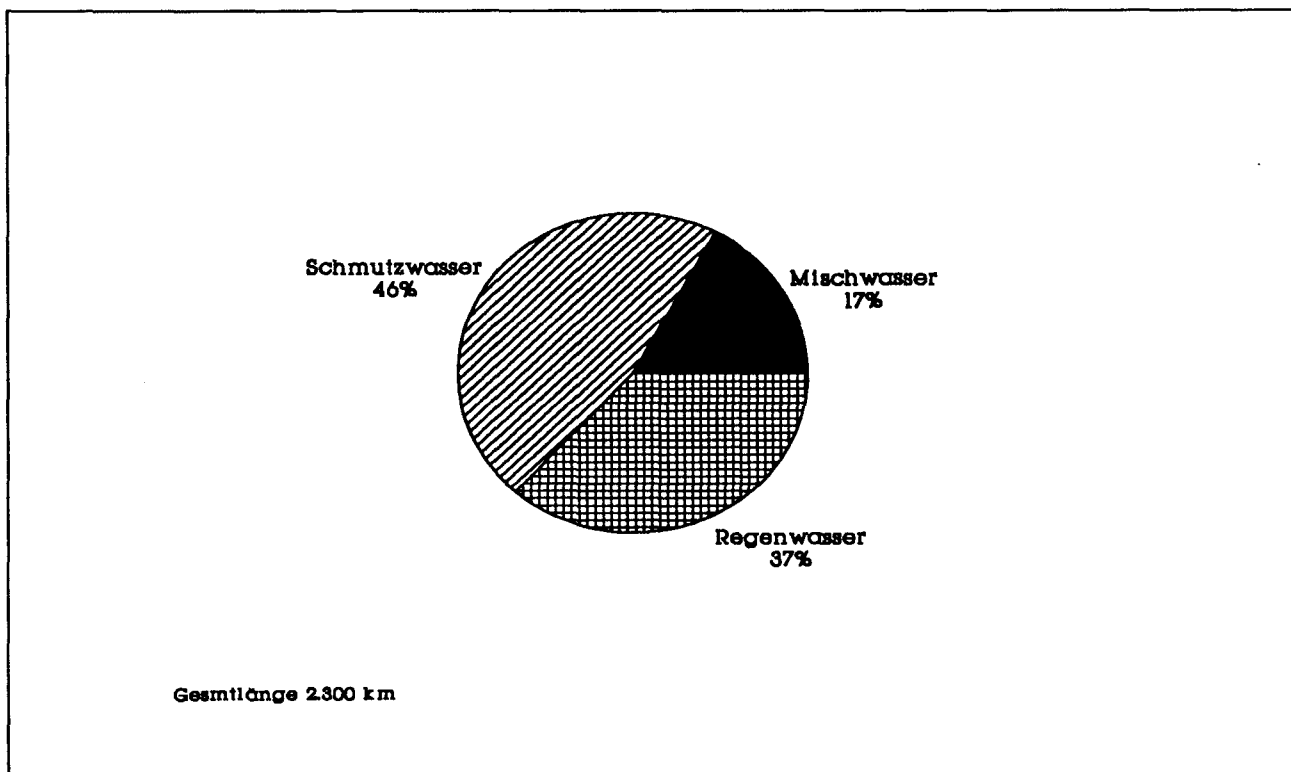


Bild 5.3 Anteile von Trenn- & Mischkanalisation am Gesamtkanalnetz der Stadt Hannover

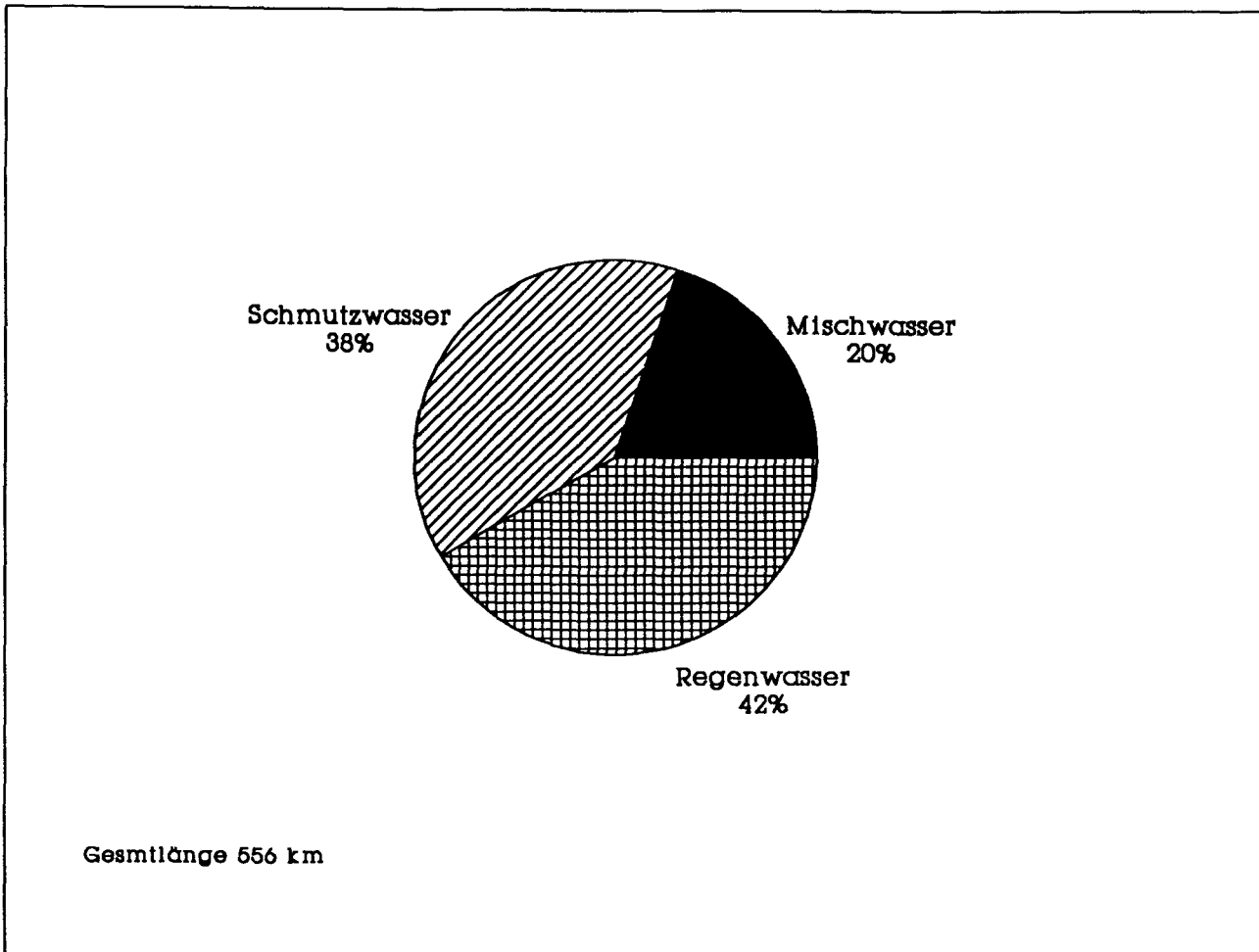


Bild 5.4 Anteile von Trenn- & Mischkanalisation am Gesamtkanalnetz der Stadt Hildesheim

Die erhobenen Daten aus Hannover bzw. Hildesheim beziehen sich dabei auf Untersuchungen der gesamten Kanalnetzlänge. Im Gegensatz dazu stellen die anderen Daten nur eine Stichprobe dar. Dies könnte die Ursache für den hohen Prozentsatz der Mischwasserkanalisation sein, da die Innenstadt zum größten Teil im Mischverfahren entwässert wird und bei der Datenerfassung überproportional berücksichtigt wurde.

### 5.3.2 Altersverteilung der Entwässerungssysteme

Im Folgenden werden die Einsatzzeiträume der Entwässerungsverfahren näher untersucht, um Aussagen über eventuell. Altersabhängigkeiten einzelner Entwässerungsverfahren machen zu können.

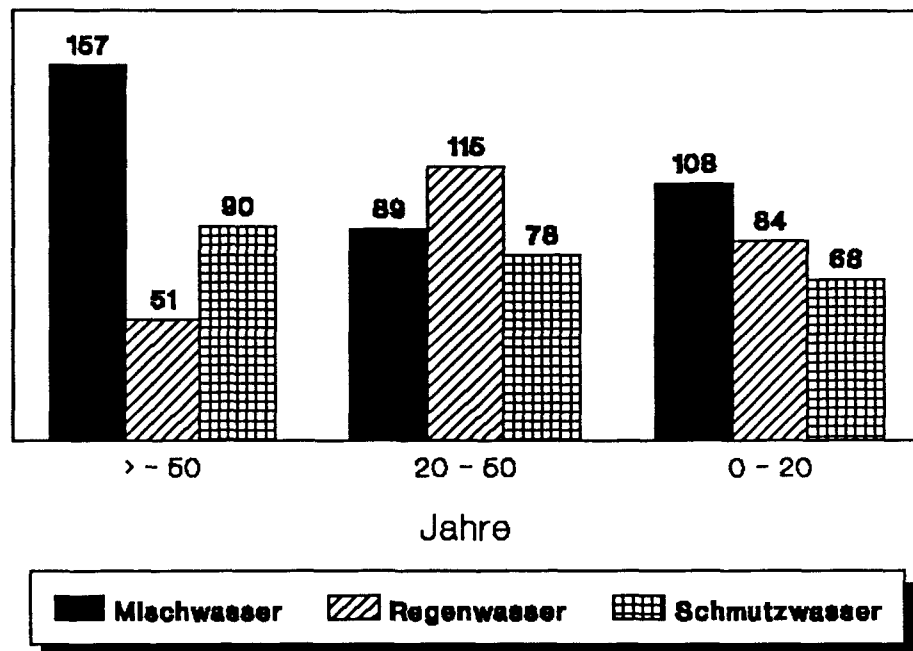


Bild 5.5 Altersabhängigkeit der Entwässerungssysteme (840 Haltungen)

35,5 % aller Kanäle sind über 50 Jahre alt, wobei der Anteil der Mischentwässerung mit 157 Haltungen (19 %) deutlich herausragt (Bild 5.5). Allein 44 % der Leitungen, die im Mischverfahren entwässert werden sind älter als 50 Jahre. Ähnliches gilt auch für den Bereich der Schmutzwasserentwässerung. 38 % (90 Haltungen) haben das Alter von 50 Jahren bereits erreicht bzw. überschritten. Diese Zahlen erlauben die Feststellung, daß diese Entwässerungsverfahren überaltert sind.

Bei den Entwässerungsverfahren, die älter als 50 Jahre sind, wurde überwiegend im Mischverfahren entwässert (53 %), im Altersbereich 20-50 Jahre kam verstärkt das Trennverfahren zum Einsatz (68 %), während bei den jüngeren Kanälen der Anteil an Mischentwässerung (42 %) wieder zunahm.

### 5.3.3 Schäden in den Entwässerungssystemen

Die einzelnen Entwässerungssysteme unterliegen vielfältigen mechanischen, biologischen und chemischen Beanspruchungen. Ob und in welcher Form sich diese Beanspruchungen in einzelnen Schadensbildern wiederfinden lassen, wird im weiteren versucht zu zeigen.

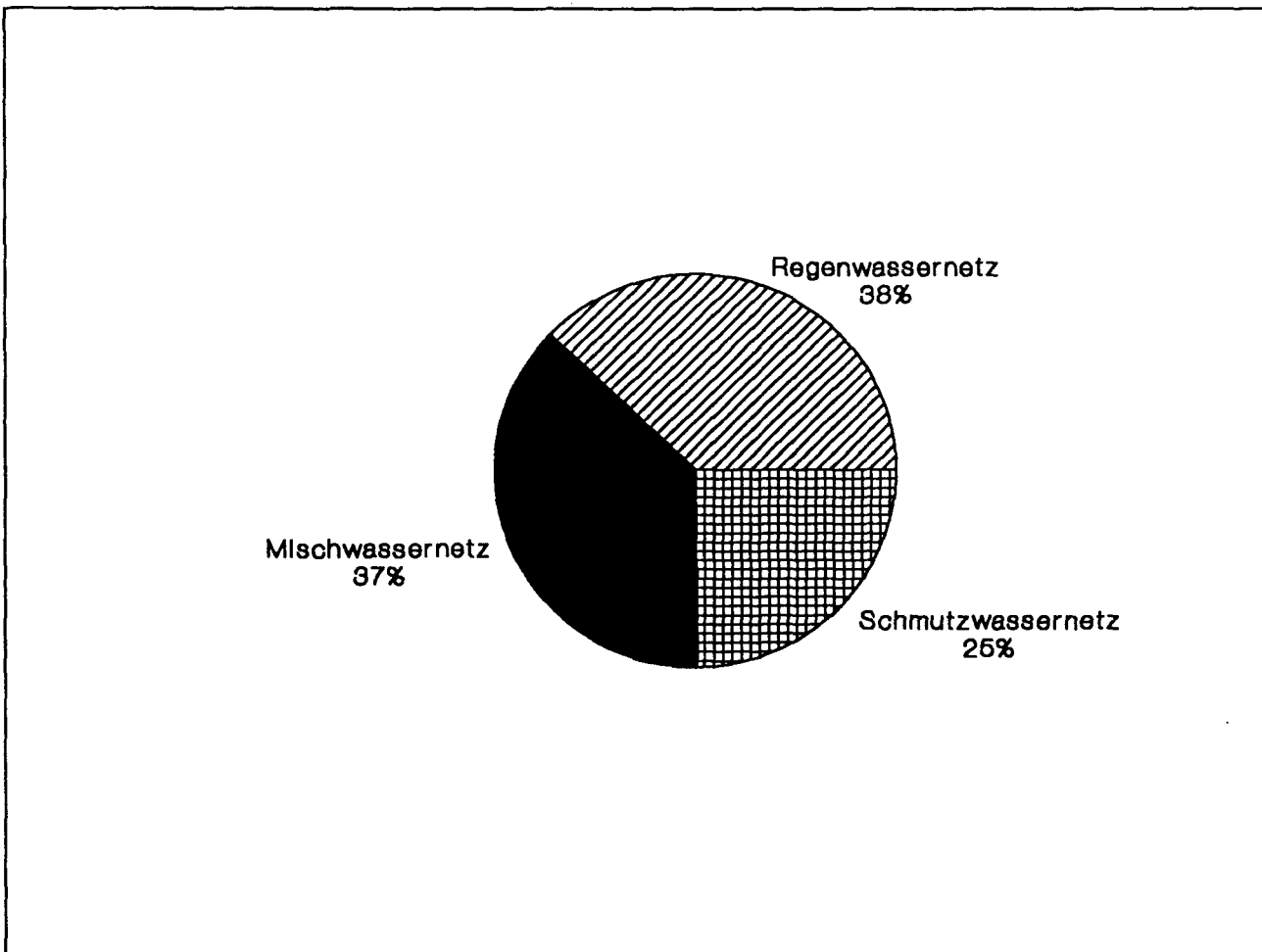


Bild 5.6 Schäden pro Entwässerungssystem im Kanalnetz

Der Schadensumfang im Mischwassernetz beträgt 37 %, im Regenwassernetz 38 % und im Schmutzwassernetz 25 % (Bild 5.6). Da sich für die Entwässerungssysteme somit keine Schadenshäufungen ergeben, bleibt die Frage ob sich einzelne Schadensarten verstärkt im Misch-, Schmutz oder Regenwassersystem wiederfinden lassen.

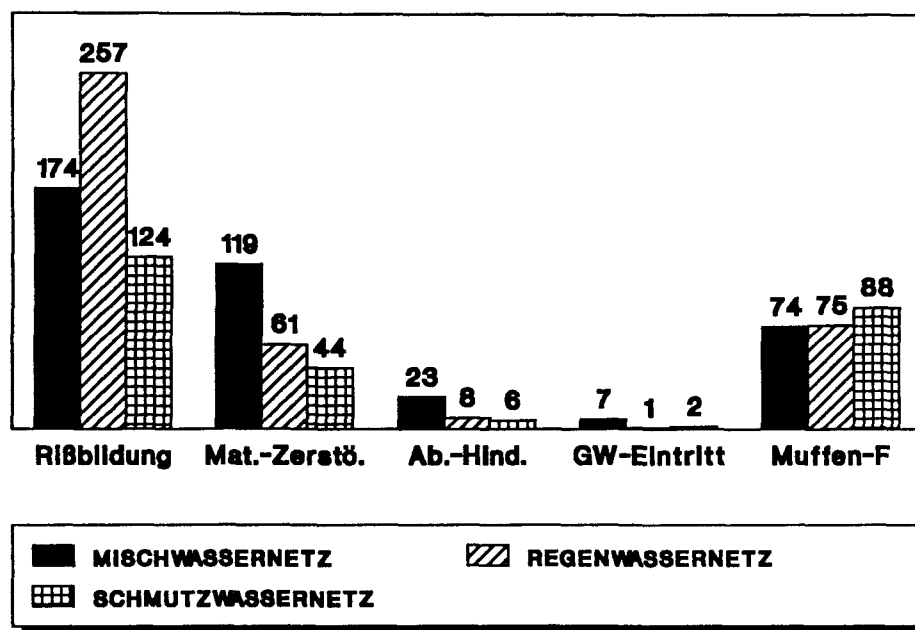


Bild 5.7 Anzahl der Schäden pro Schadensart in den Entwässerungssystemen  
(Anzahl der Schäden 1063)

Die häufigste Schadensart stellt die Rißbildung mit 52 % aller Schäden dar, gefolgt von den Muffenfehlern mit 22 % und den Materialzerstörungen mit 21 %. Die beiden anderen Schadensarten sind vernachlässigbar klein (Bild 5.7). Sehr auffällig sind die Schadensanteile der Rißbildung im Regenwassernetz (257 von 555 Rißbildungen) und die Materialzerstörungen bei der Mischentwässerung (119 von 244 Materialzerstörungen). Letzteres ist kritisch zu bewerten, da mit ex-filtrierendem Abwasser gerechnet werden muß und damit eine Belastung der Leitungszone und des Grundwassers mit Schadstoffen nicht ausgeschlossen werden kann. Da nur eine geringe Anzahl von Grundwassereintritten festgestellt wurde, ist nicht mit einem hohen Fremdwasseranteil zu rechnen. Inwieweit die defekten Muffen einen Einfluß auf den Fremdwasseranfall haben, läßt sich aus den vorliegenden Daten nicht ermitteln. In der Bundesrepublik stellt sich der Fremdwasseranteil an der zu klärenden Abwassermenge wie folgt dar (Tab. 5.1) /15/.

Tabelle 5.1 Fremdwasseranfall in der Bundesrepublik Deutschland

Fremdwasseranfall	<30 %	30— 50 %	50— 100 %	>100 %
zugehöriger Anteil der Kommunen	53 %	31 %	11 %	5 %

Fremdwasserzuflüsse sind ein Hinweis für Anschlüsse von Oberflächengewässern und Drainagen oder von Schäden an Kanalisationen. Fremdwasser ist unerwünscht und führt zu einer Verteuerung der Transport- und Behandlungskosten für Abwasser. Der mittlere Fremdwasseranteil am Gesamtabwasser beträgt in der Bundesrepublik ca. 36 %. Tabelle 5.1 verdeutlicht die enorme Schwankungsbreite des Fremdwasseranfalls. Der größte Fremdwasseranfall wurde bei der ATV-Umfrage mit 300 % angegeben.

Welchen Einfluß der Rohrwerkstoff und das Alter der Kanäle auf die Schadensarten hat, wird im folgenden Kapitel behandelt. Dabei ist allerdings immer zu beachten, daß nur alle Einflüsse zusammen eine genaue Beurteilung der Schadensursachen zuläßt. Die relativ große Anzahl von Abflusshindernissen (23 von 37) im Mischwassernetz ergibt sich aus den vielen Materialzerstörungen in diesem System. Wo die Rohre stark beschädigt sind können leicht Wurzeln in den Kanal einwachsen und heruntergefallene Rohrstücke den Abfluß behindern. Die sonstigen Verteilungen der Schäden sind ähnlich, so daß sich keine weitere spezifische Schadensart für ein bestimmtes Entwässerungssystem ergibt. Abschließend läßt sich feststellen, daß das Entwässerungssystem keinen Haupteinflußfaktor für die Entstehung von Schäden darstellt.

#### 5.3.4 Schäden in Abhängigkeit vom Alter der Haltungen

Ein wichtiger Parameter bei der Beurteilung von Schäden, ist der Zeitpunkt ab dem Schädigungen zu erwarten sind. Ließen sich zeitliche Abhängigkeiten feststellen, z.B. Materialermüdungen, so könnte man auf dem Gebiet der Baustofftechnologie tätig werden, um die Rohrwerkstoffe zu verbessern oder neue Materialien, die eine längere Lebensdauer garantieren, zu entwickeln.



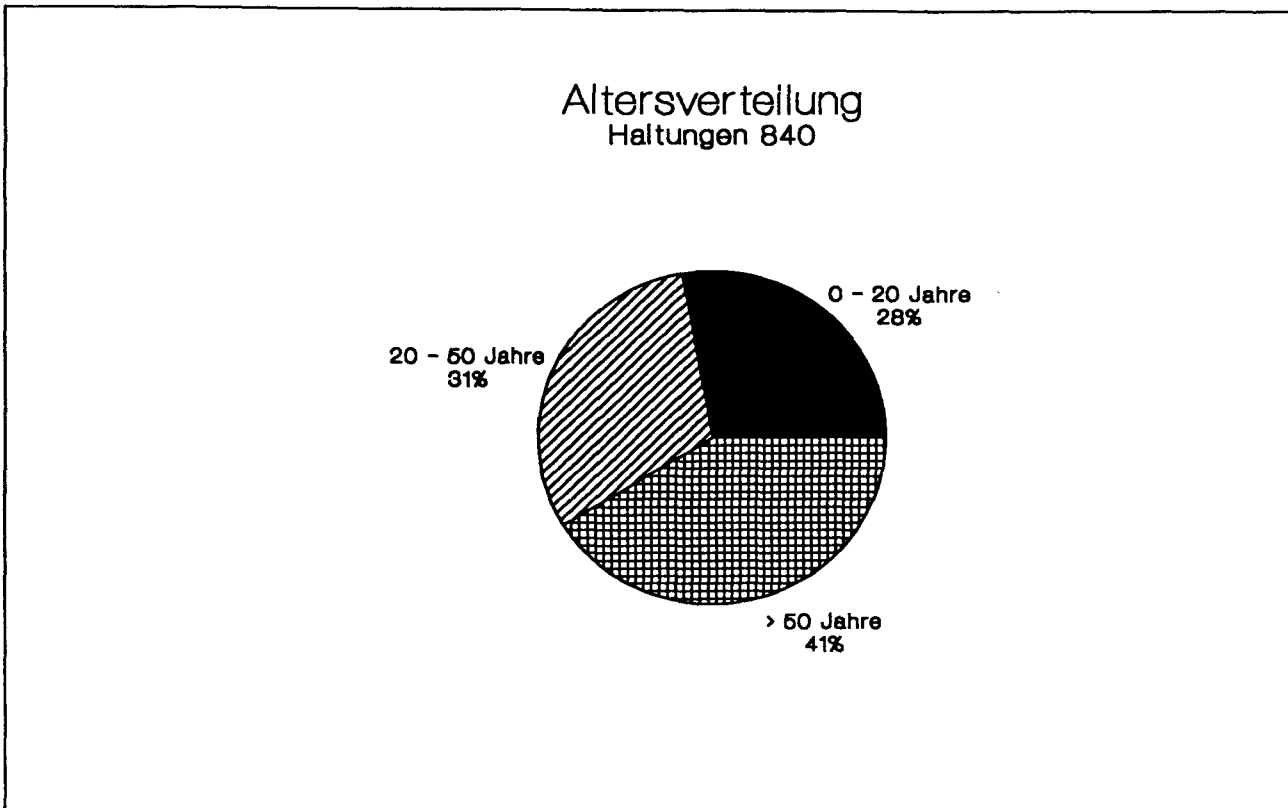


Bild 5.8 Altersverteilung der Kanäle im Gesamtnetz

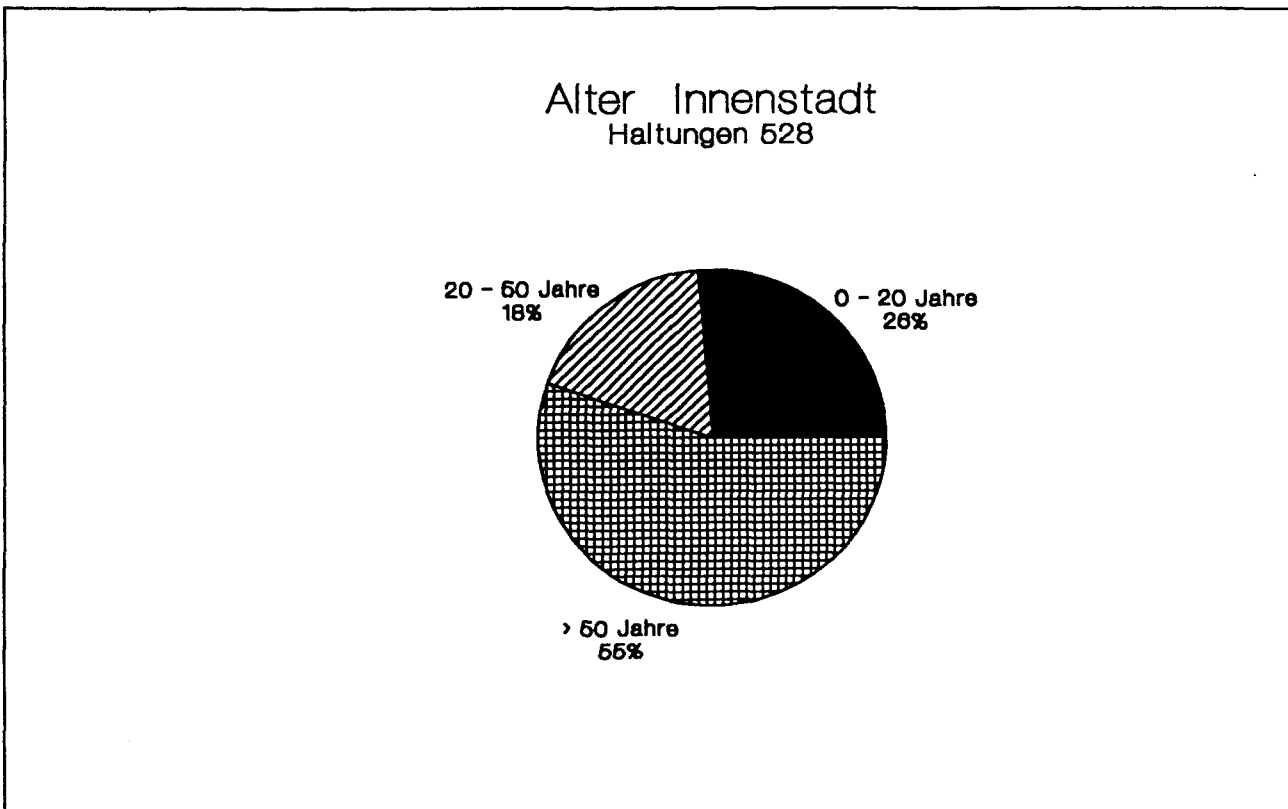


Bild 5.9 Altersverteilung der Kanäle in der Innenstadt

Alter Außenbezirk  
Haltungen 191

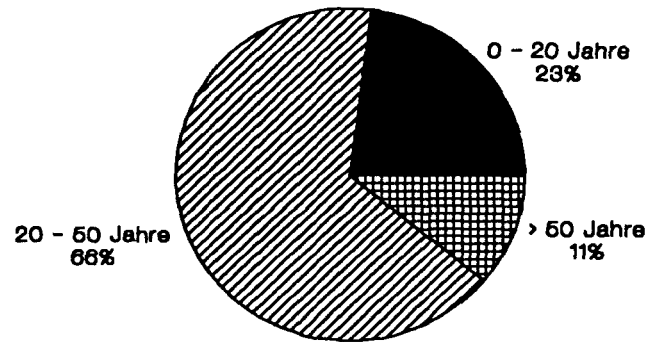


Bild 5.10 Altersverteilung der Kanäle in den Außenbezirken

Alter Senkungsgebiet  
Haltungen 121

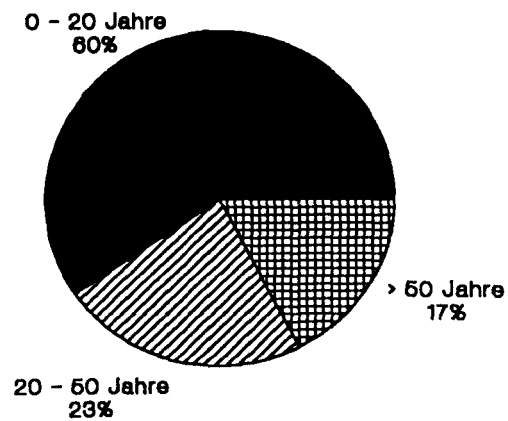


Bild 5.11 Altersverteilung der Kanäle im Setzungsgebiet

Wie sich die Altersverteilung der Leitungen in den drei Untersuchungsgebieten darstellt, ist den Bildern 5.9 bis 5.11 zu entnehmen. Es sind typische Altersverteilungen. Die Kanäle der Innenstadt sind überaltert, was sich durch den frühen Beginn der Kanalisierung in diesem Gebiet erklärt. In den Außengebieten verschiebt sich die Verteilung zugunsten der Kanäle, die im Altersbereich von 20 - 50 Jahren liegen. Im Setzungsgebiet wurden bereits Sanierungen bzw. Erneuerungen durchgeführt, was den hohen Anteil an Haltungen erklärt, die 20 Jahre oder jünger sind. Im Vergleich dazu die Altersverteilung der Kanäle, wie sie sich in der Bundesrepublik darstellt (Bild 5.12).

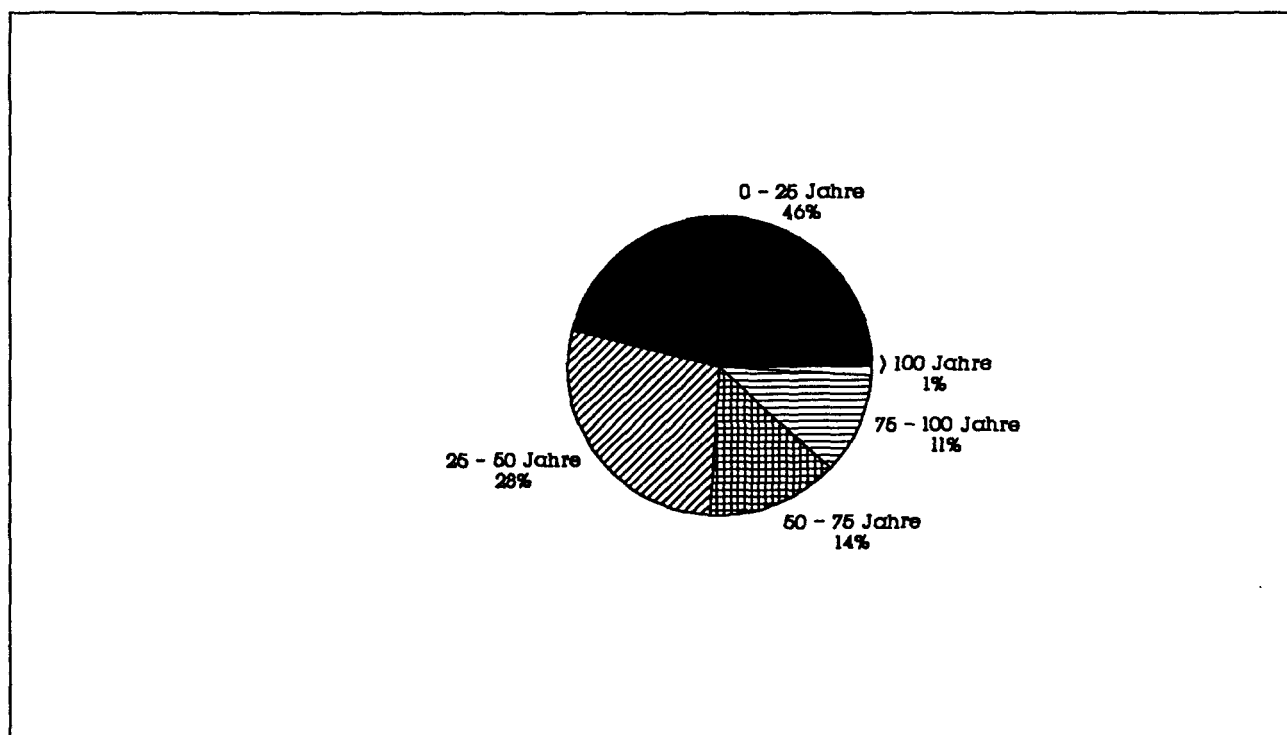


Bild 5.12 Altersverteilung der Kanäle aus der Umfrage der ATV von 1990 in der Bundesrepublik Deutschland

In der Bundesrepublik sind 46 % aller Kanäle jünger als 25 Jahre, 28 % befinden sich im Altersbereich von 20 - 50 Jahren und 26 % der Kanäle haben das Alter von 50 Jahren erreicht oder überschritten. Im vorliegenden Fall sind dagegen bereits 41 % der Kanäle älter als 50 Jahre. Dieser im Vergleich zur Bundesrepublik hohe Prozentsatz ergibt sich aus der Tatsache, daß das Untersuchungsgebiet der Innenstadt (528 Haltungen) mit dem hohen Anteil alter Kanäle bei der Untersuchung stark überrepräsentiert wird. Das Problem der Datenerhebung und die Zusammensetzung der Stichprobe wurde schon in Kapitel 5.3.1 kurz angesprochen. Dadurch läßt sich die abweichende Altersverteilung in erklären.

Der Altersbereich zwischen 20 und 50 Jahren ist mit 28 % in der Bundesrepublik und 31 % in der eigenen Auswertung nahezu gleich verteilt. Die Unterschiede bei den Kanälen, die älter als 50 Jahre sind, ergeben sich ebenfalls aus dem Stichprobenumfang. Wird in Zukunft die gesamte Kanalnetzlänge untersucht, so läßt sich allerdings auch hier eine Altersverteilung vermuten, die durchaus im bundesdeutschen Trend liegt.

Im Folgenden werden die Schäden hinsichtlich ihrer Abhängigkeit vom Alter der Kanäle untersucht. Was zu erwarten war, zeigt sich in Bild 5.13 bestätigt. Je älter eine Haltung ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß ein Schaden auftritt. 52 % der Schäden im Kanalnetz treten nach einer Einsatzdauer von 50 Jahren auf. Auffällig ist der hohe Prozentsatz (41 %) an Schädigungen, die bereits im Altersbereich von 20 - 50 Jahren liegen. Dies ist bemerkenswert, vor allem wenn man bedenkt, daß für Kanalbauten mindestens eine Lebensdauer von ca. 50 Jahren bei einer 2 %-igen Abschreibung angesetzt wird /16/. Das bedeutet, daß die Leitungen in fast 50 % aller Fälle bereits vor Ablauf ihres geplanten Einsatzzeitraumes Schäden aufweisen und somit mit erheblichen Mehrkosten für die Aufrechterhaltung der Abwasserableitung zu rechnen ist.

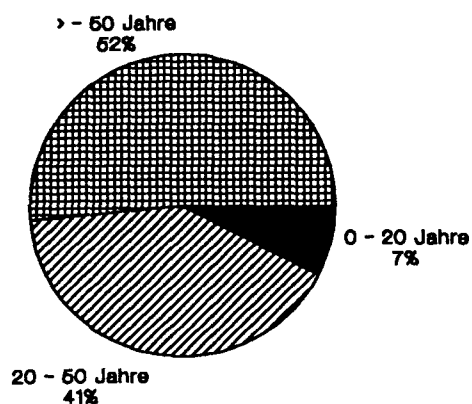


Bild 5.13 Schadenshäufigkeit in Kanälen in Abhängigkeit vom Baujahr

#### 5.3.4.1 Bautätigkeit im Kanalnetz

Um gezielt Aussagen über den Entstehungszeitraum der Schäden machen zu können, ist in Bild 5.14, anhand der eingesetzten Rohrmaterialien, die Bautätigkeit aufgetragen.

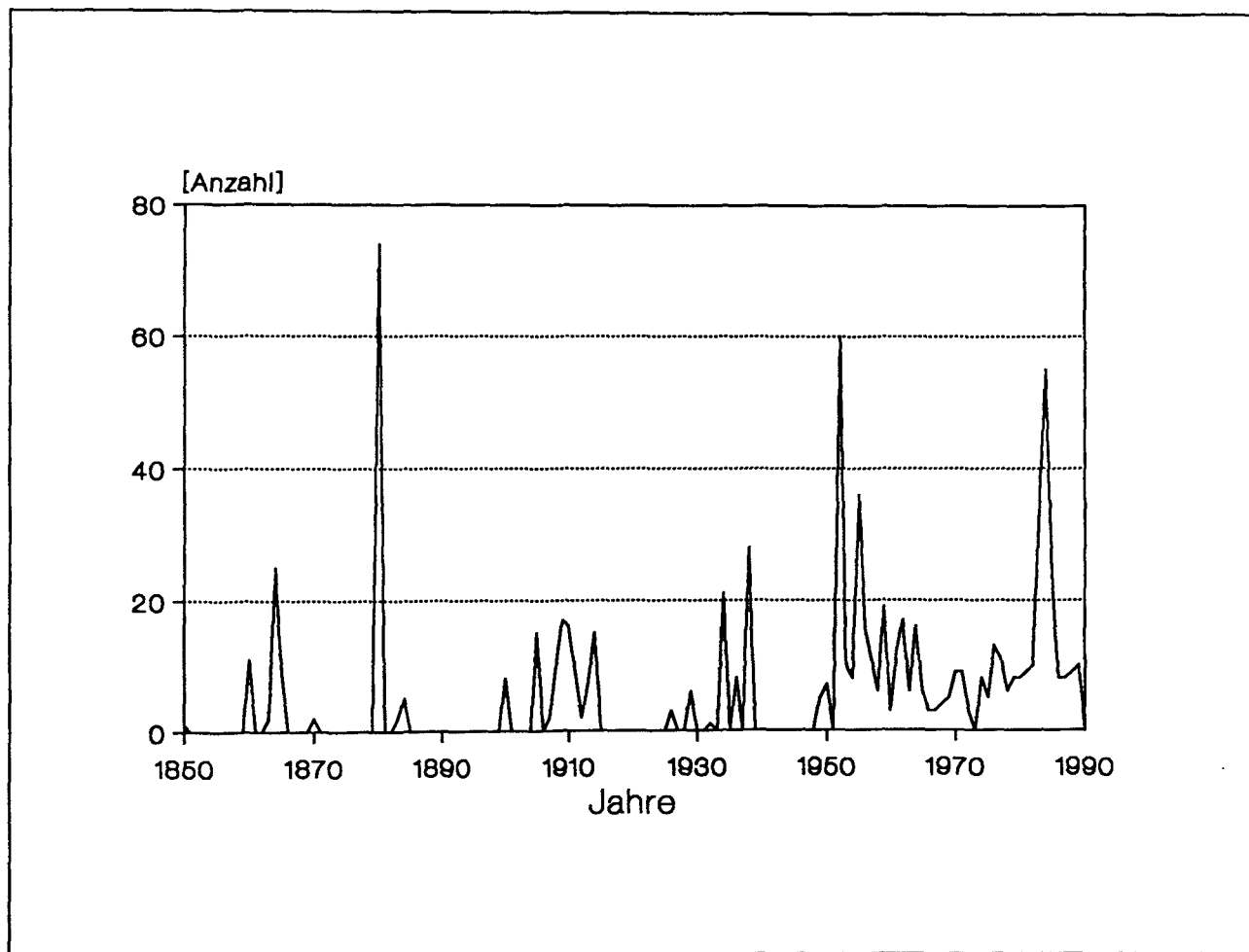


Bild 5.14 Summe aller Rohrmaterialien in Abh. vom Alter der Kanäle

Es ist deutlich ein diskontinuierlicher Ausbau des Leitungsnetzes feststellen. Die erste große Ausbauphase in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts führte dazu, daß bereits 1892 die gesamte Innenstadt mit Mauerwerkkanälen im Mischsystem entwässert wurde. Diese Kanäle wurden nicht nach planerischen einheitlichen Vorgaben gebaut. Vielmehr sind die Kanäle bedarfsorientiert unter Vernachlässigung der notwendigen Zuordnung zu einem Gesamtkanalssystem und damit auch ohne Rücksicht auf Lage und Höhe zueinander verlegt worden. Durch die Zunahme der Bevölkerung wurde dann um die Jahrhundertwende und in den dreißiger Jahren das Kanalnetz erneut ausgedehnt und den Verhält-

nissen angepaßt. Die Wiederaufbauphase nach dem Zweiten Weltkrieg führte mit der regen Bautätigkeit, verbunden mit der Erschließung neuer Wohn- bzw. Industriegebiete, zu einer enormen Versiegelung ehemals naturbelassener Flächen im städtischen Raum. Um die anfallenden Abwassermengen ableiten zu können, mußte das Kanalnetz in den fünfziger Jahren erneut erweitert werden. Die letzte große Bauphase in den achtziger Jahren ist schon auf die Durchführung von Sanierungsmaßnahmen zurückzuführen. Der Bautätigkeit werden die Schäden an den Kanälen aus diesen Jahren gegenübergestellt (Bild 5.15). Dabei ist zu beachten, daß an einem Kanal mehrere Schäden vorhanden sein können.

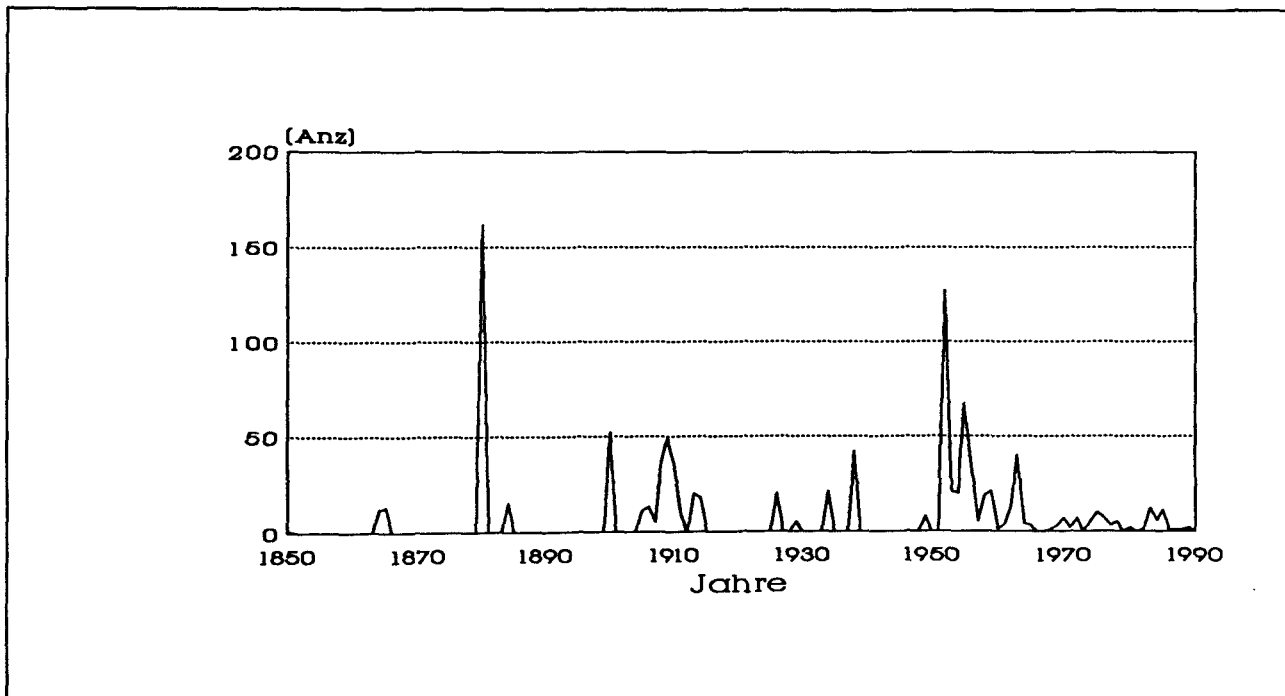


Bild 5.15 Summe aller Schäden Kanalnetz in Abhängigkeit vom Baujahr

Bemerkenswert hierbei ist der große Anteil an schadhaften Haltungen, die 1880 und 1950 gebaut wurden. Ein Grund dafür sind die Längen der Leitungen, die in diesen Jahren verlegt wurden und weniger das Alter. Da in diesen Jahren sehr intensiv am Ausbau des Kanalnetzes gearbeitet wurde, kann vermutet werden, daß ein großer Prozentsatz an Kanallängen in diesen Jahren entstand. Allein die Leitungslänge der 1880 gebauten Kanäle beträgt 12 % des Gesamtnetzes, das zur Auswertung kam. Der Anteil an Kanälen, die in den fünfziger Jahren entstanden sind beträgt 24 %. Stellt man eine Korrelation zwischen den Schäden und den hergestellten Kanallängen im Jahr x her, so ergeben sich folgende die in Tabelle 5.2 angegebenen Werte. Eine deutliche Altersabhängigkeit der Schäden in den hier betrachteten Zeiträumen, läßt sich generell nicht erkennen. Die Kanäle aus dem Jahr 1880 und aus dem Zeitraum zwischen den

Jahren 1950-1960 weisen einen ähnlichen Schadensumfang/km auf. Die Gründe sind also im Bereich der Materialien und deren Handhabung auf der Baustelle zu suchen. Sie werden in einem späteren Kapitel näher betrachtet.

Tabelle 5.2 Auftretende Schäden/km im Kanalnetz zu ausgewählten Zeitpunkten

Kanäle im Zeitraum um 1880	42 Schäden/km
Kanäle im Zeitraum 1905-1914	38 Schäden/km
Kanäle im Zeitraum 1926-1938	25 Schäden/km
Kanäle im Zeitraum 1950-1960	41 Schäden/km

#### 5.3.4.2 Schadensarten im Kanal und deren Abhängigkeit vom Alter

Da sich generell keine Aussage über die Altersabhängigkeit von Schäden machen läßt, bleibt die Frage, wie sich die einzelnen Schadensarten in Abhängigkeit vom Baujahr verhalten. Ließen sich Abhängigkeiten feststellen, so bliebe in einem weiteren Schritt zu untersuchen, ob es sich dabei um Unzulänglichkeiten der Werkstoffe handelt oder ob äußere Einflüsse für die Schädigungen verantwortlich sind.

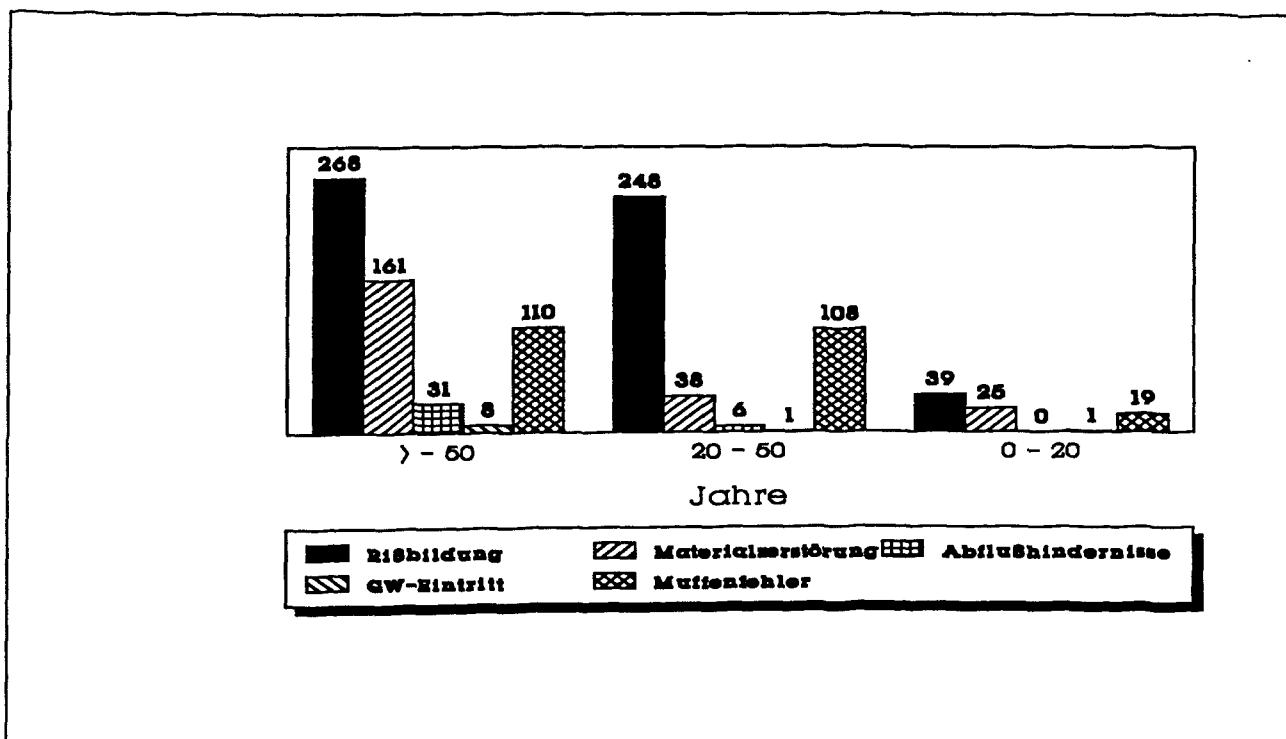


Bild 5.16 Häufigkeit je Schadensart in Abh. von der jeweiligen Altersklasse (Anzahl der Schäden 1063)

Die Ribbildung in den Kanälen tritt bereits ab einem Kanalalter von 20 Jahren massiv auf und stellt mit 48,5 % gegenüber 52 % an der gesamten Ribbildung den größten Anteil an Schädigungen dar. Mit Schäden in Form von Muffenfehlern muß ebenfalls ab einer Einsatzzeit von 20 Jahren gerechnet werden, wobei der Schadensanteil 20,5 % beträgt. Demgegenüber haben alle Muffenfehler zusammen einen Anteil von 22,5 % am gesamten Schadensumfang. Die Undichtigkeiten infolge Materialzerstörungen konzentrieren sich hingegen auf Haltungen, die das Alter von 50 Jahre erreicht bzw. überschritten haben. Ihr Anteil am Gesamtschadensumfang beträgt 15 %. Alle Materialzerstörungen machen einen Anteil von 21 % aus (Bild 5.16).

Die Abflußhindernisse, die immer dort vorhanden sind, wo auch Materialzerstörungen vorliegen, treten ebenfalls in Leitungen, die älter als 50 Jahre sind, verstärkt auf.

Bleibt als Fazit festzustellen, daß bei Inspektionen von Haltungen, die eine Einsatzzeit von 20 Jahren aufweisen, auf Ribbildung und Muffenfehler besonders geachtet werden muß, da diese Schäden in den Leitungen bereits besonders früh auftreten. Mit Materialzerstörungen und damit einhergehenden Abflußhindernissen muß ab einer Betriebsdauer von 50 Jahren vermehrt gerechnet werden.

An dieser Stelle kann man bereits sagen, daß bei Haltungen, die jünger als 50 Jahre sind, Instandsetzungs- und Sanierungsverfahren zum Einsatz gebracht werden müssen, die es erlauben, Schäden infolge von Ribbildungen und Muffenfehlern zu beheben, während in Leitungen, die älter als 50 Jahre sind, aus verfahrenstechnischen Überlegungen und auf Grund der Schwere der Schäden, eher Erneuerungsverfahren zum Einsatz kommen werden. Welche Instandsetzungs-, Sanierungs-, und Erneuerungsverfahren es derzeit ermöglichen, Schäden zu beheben, welche Verfahren letztlich zu wählen sind, wie sie arbeiten und welche Randbedingungen vorliegen müssen, wird in einem späteren Kapitel behandelt.

### 5.3.5 Schäden der Kanäle in Abhängigkeit vom Rohrmaterial

Das Rohrmaterial ist einer der wichtigsten Parameter bei der Planung, dem Bau und der Sanierung von Kanälen. Ließen sich charakteristische Schadensbilder für bestimmte Baustoffe feststellen, so könnte man im Bereich der Baustofftechnologie geeignete Maßnahmen ergreifen, um die Schäden zu minimieren.



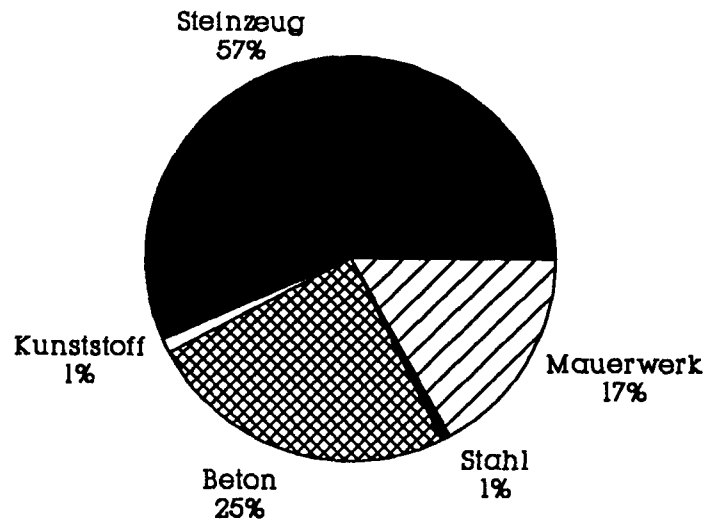


Bild 5.17 Anteile der Rohrmaterialien am Gesamtkanalnetz

Das in der vorliegenden Auswertung mit Abstand am häufigsten verwendete Material stellt das Steinzeug mit 57 % dar. Danach kam der Beton mit 25 % und das Mauerwerk mit 17 % zum Einsatz (Bild 5.17). Die Materialien Stahl und Kunststoff mit jeweils einem Prozent sind vernachlässigbar klein und werden daher nicht in die Betrachtungen mit einbezogen. Im Vergleich dazu wurden in der Bundesrepublik 44,5 % Steinzeug, 45,2 % Beton und nur 6,9 % Mauerwerk verbaut. Die restlichen Materialien haben einen Anteil von 3,4 % (Bild 5.18).

Auffällig ist dabei der im Vergleich fast doppelt so große Anteil von Betonmaterialien (25 %) und der geringe Anteil an Mauerwerk (6,9 %). Die Gründe hierfür liegen wieder darin, daß im vorliegenden Falle nur eine Stichprobe der Haltungsdaten vorliegt. Wie bereits in Kap. 5.2 beschrieben, ist der Innenstadtbereich überaltert und bei den Daten der Auswertung überproportional vertreten (528 von 840 Haltungen). Der Bereich der Innenstadt wird überwiegend mit Mauerwerkkanälen im Mischwassersystem entwässert, was den hohen An-

teil von Mauerwerk am Rohrmaterial erklärt (vgl. Kap. 5.3.2, S. 43 und Bild 5.20).

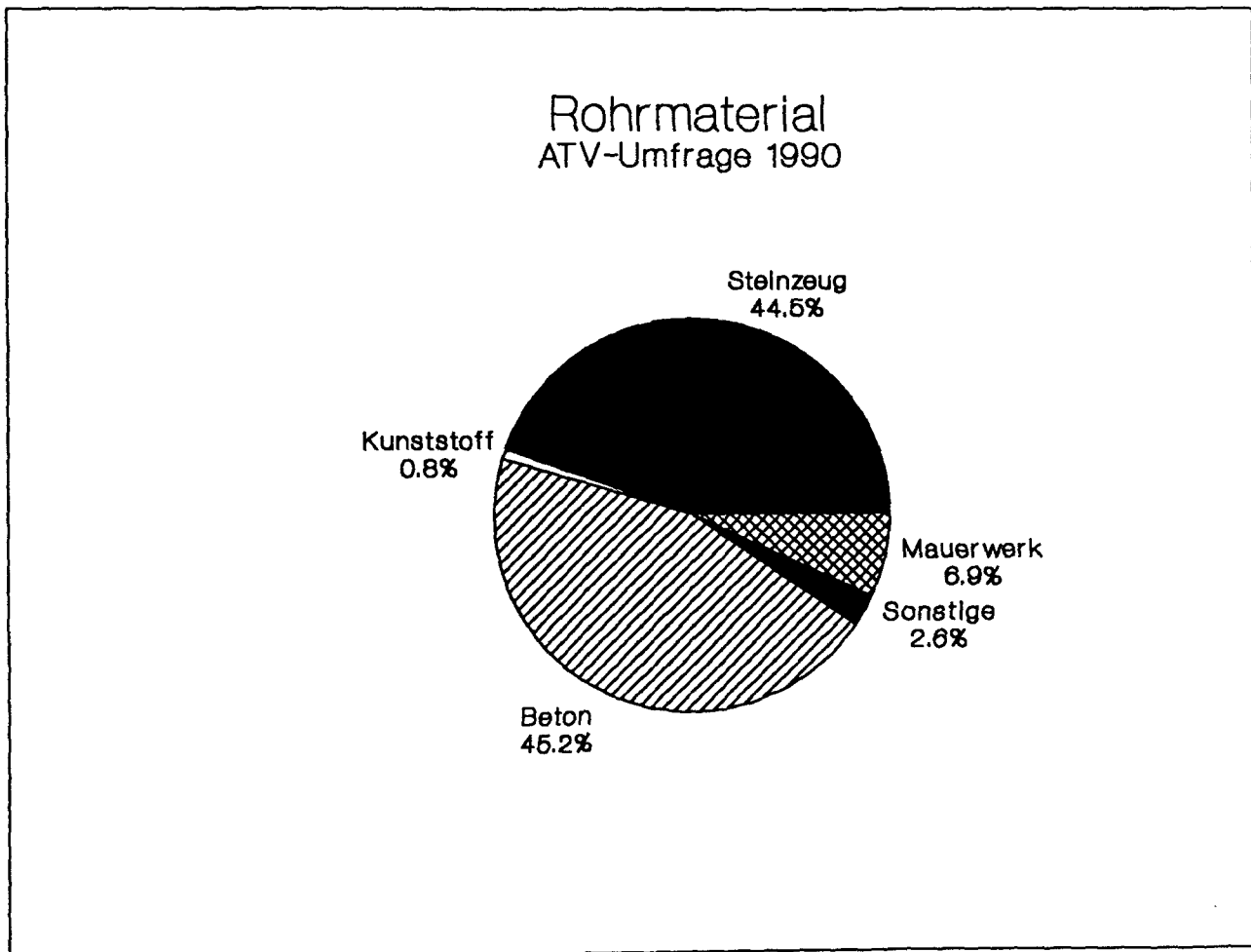


Bild 5.18 Anteile der Rohrmaterialien in den Kanälen in der Bundesrepublik (Umfrage ATV 1990)

Das Betonmaterialien nicht den Stellenwert wie im bundesdeutschen Durchschnitt haben, könnte an der Verwendung der Werkstoffe während des Baubooms nach dem Zweiten Weltkrieg liegen. In dieser Zeit wurde mehr Steinzeug als Beton verbaut, was den geringeren Betonanteil erklären könnte (Bild 5.19, 5.20). Wie der zeitliche Einsatz der Rohrwerkstoffe in der Bundesrepublik aussieht, konnte aus den vorliegenden Daten nicht ermittelt werden, so daß die oben getroffene Aussage nur als Versuch gewertet werden kann, den geringen Anteil an Beton im Leitungsnetz zu erklären.

Um die gerade getroffene Aussage zu bestätigen werden im folgenden Kapitel die Einsatzzeiträume der wichtigsten, verwendeten Rohrwerkstoffe untersucht.

### 5.3.5.1 Einsatzzeiträume von Rohrwerkstoffen im Kanalnetz

In welchen Zeiträumen die drei Hauptmaterialarten verlegt wurden ist in den Bildern 5.19 bis 5.21 dargestellt.

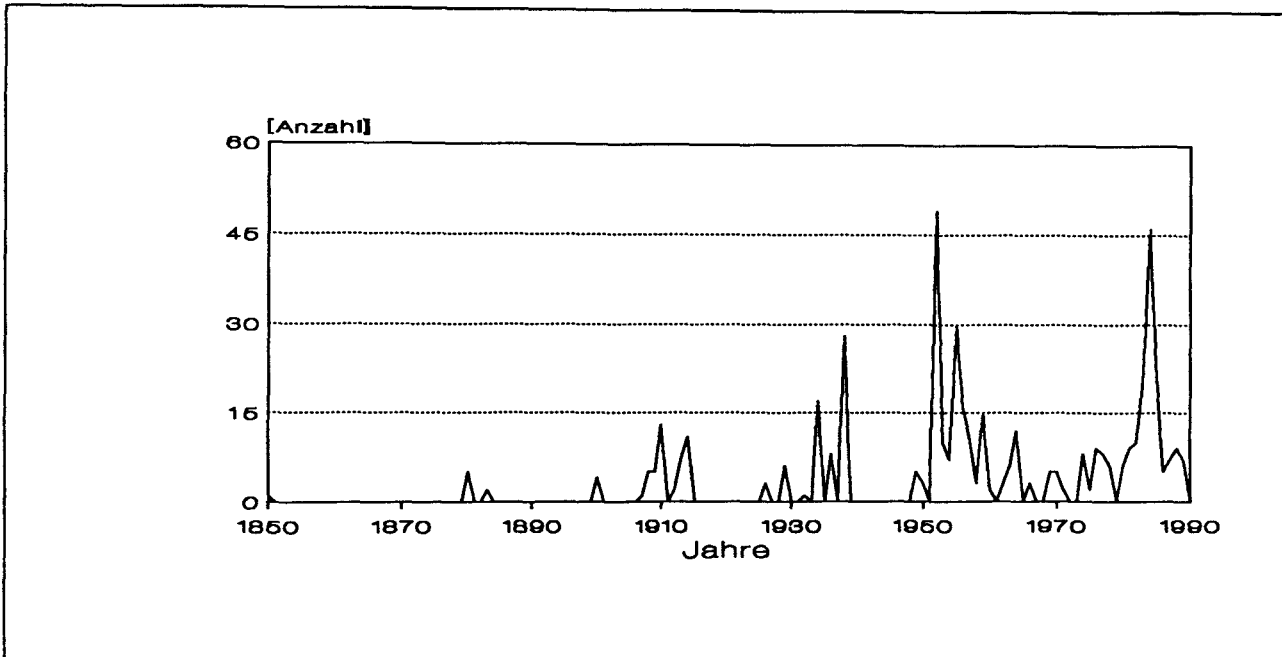


Bild 5.19 Anzahl der Steinzeughaltungen in Abhängigkeit vom Baujahr der Kanäle

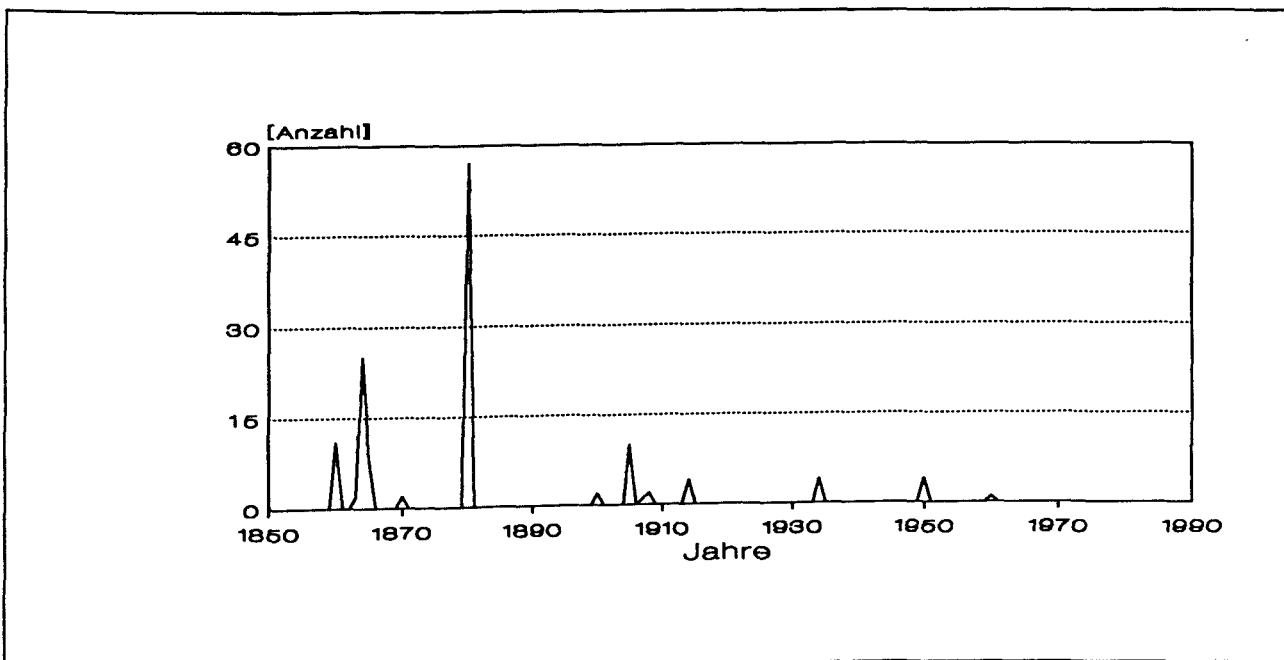


Bild 5.20 Anzahl der Mauerwerkhaltungen in Abhängigkeit vom Baujahr der Kanäle

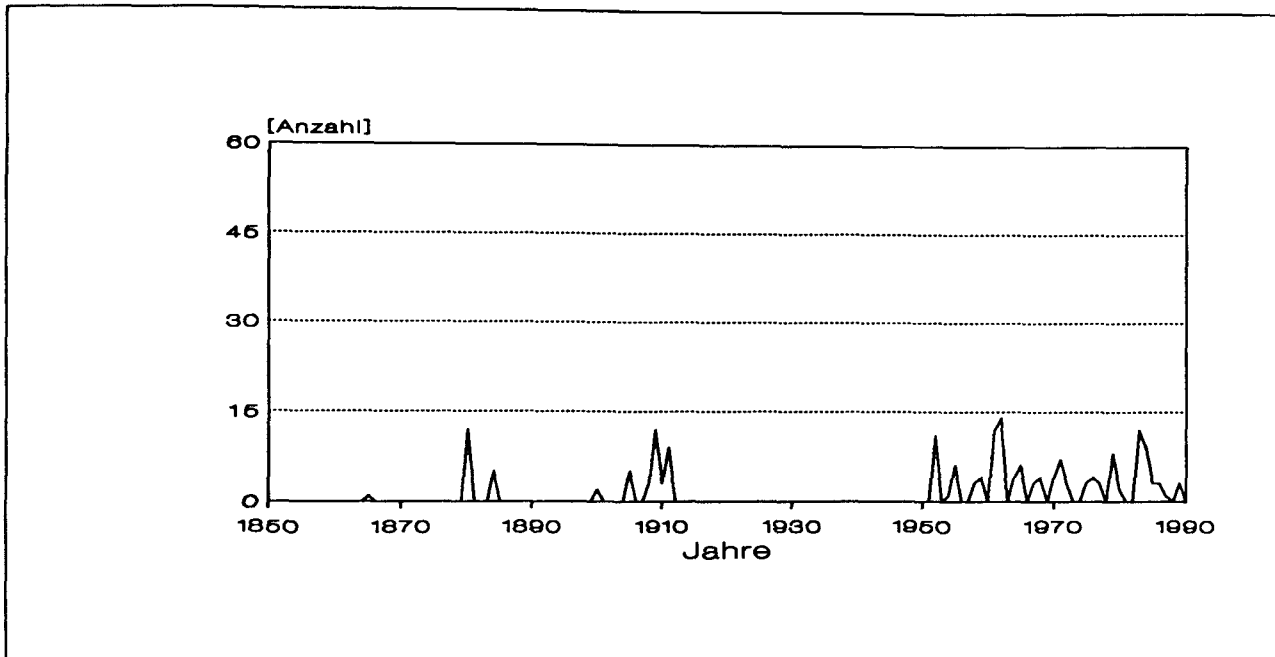


Bild 5.21 Anzahl der Betonhaltungen in Abhängigkeit vom Baujahr der Kanäle

Mauerwerk wurde überwiegend in den Anfängen des Kanalbaus verwendet und spielt heute nur noch eine untergeordnete Rolle (Bild 5.20). Steinzeug wurde als Baumaterial zum ersten mal 1910 verstärkt zu Einsatz gebracht und deren Anteil bis 1950 ständig gesteigert (Bild 5.19). Es hat mittlerweile einen festen Platz bei den Kanalbauwerkstoffen und stellt neben dem Beton die größte Gruppe dar. Bei den Renovierungsarbeiten, von denen bereits in Kap. 5.3.4.1 die Rede war, wurde zum überwiegenden Teil Steinzeug verbaut. Beton kam bereits in den Anfängen der Kanalisation als Werkstoff zum Einsatz, spielte aber eine führende Rolle. Selbst nach 1950 konnten die Betonmaterialien das Steinzeug als größter Vertreter an Werkstoffen nicht ablösen (Bild 5.22).

Die hier nicht dargestellten Werkstoffe, wie Stahl und Kunststoffe spielten in der Vergangenheit nur eine untergeordnete Rolle. Stahl als Kanalbaumaterial war im Vergleich zu den anderen traditionellen Materialien zu teuer und wurde nur bei besonders beanspruchten Leitungen verwendet. Kunststoffe sind im Kanalbau ein noch recht junger Werkstoff, dem in früheren Jahren wegen der geringen Akzeptanz kaum Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Heute, da man sich im Wesentlichen mit Sanierungen im Kanalnetz zu beschäftigen hat, stellen die Kunststoffe eine durchaus sinnvolle Alternative zu den traditionellen Werkstoffen dar. Aufgrund der hohen Flexibilität und Anpassungsfähigkeit des Materials werden immer mehr Kunststoffe bei der Sanierung von Rohrleitungen eingesetzt.

Ein ganz neuer exotisch erscheinender Werkstoff im Bereich des Kanalbaus stellt das Glas dar. Es kommt allerdings nur in ganz speziellen Fällen mit besonderen Beanspruchungen zum Einsatz und befindet sich zur Zeit noch in der Erprobungsphase. Ob Glas ein geeigneter Kanalbauwerkstoff ist muß sich in der Zukunft erst noch zeigen. Nähere Angaben dazu in /17/.

#### 5.3.5.2 Schäden pro Schadensart im Kanalnetz

Es stellt sich die Frage, inwieweit die Altersverteilung der Rohrmaterialien und die der auftretenden Schäden in Zusammenhang stehen. Um quantitative Aussagen über die Schadensbilder machen zu können, sind in Bild 5.23 die Schadensarten mit ihren Häufigkeit dargestellt.

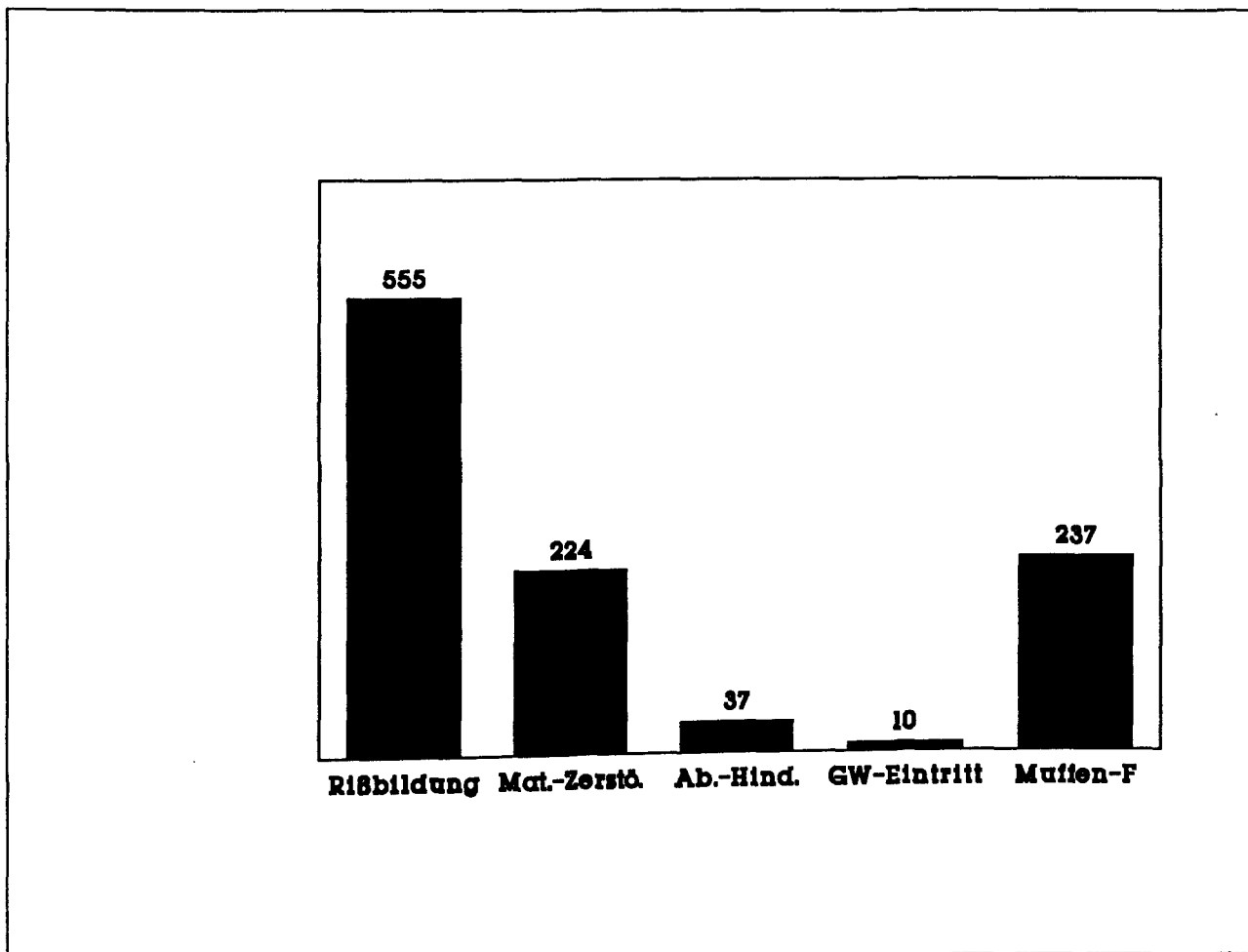


Bild 5.22 Schäden pro Schadensart im Kanalnetz (Anzahl der Schäden 1063)

Wie bereits in Kapitel 5.3.4.2 gezeigt wurde, allerdings in einer anderen Darstellung (Bild 5.16), rekrutieren sich 555 Schäden (52 %) aus dem Bereich der Rißbildungen. Sie stellen somit den größten Anteil von Schädigungen dar.

Muffenfehler mit 237 Schäden (22 %) und Materialzerstörungen mit 224 Schäden (21%) folgen als zweit größter Anteil von Schädigungen. Den kleinsten Umfang von Schädigungen sind in den Bereichen der Abflußhindernisse mit 37 Schäden (3 %) und den Grundwassereintritten mit 10 Schäden (1 %) zu finden. Die Verteilung der Schadensarten auf die drei Hauptgruppen der Rohrwerkstoffe ist den Bildern 5.23 bis 5.25 zu entnehmen.

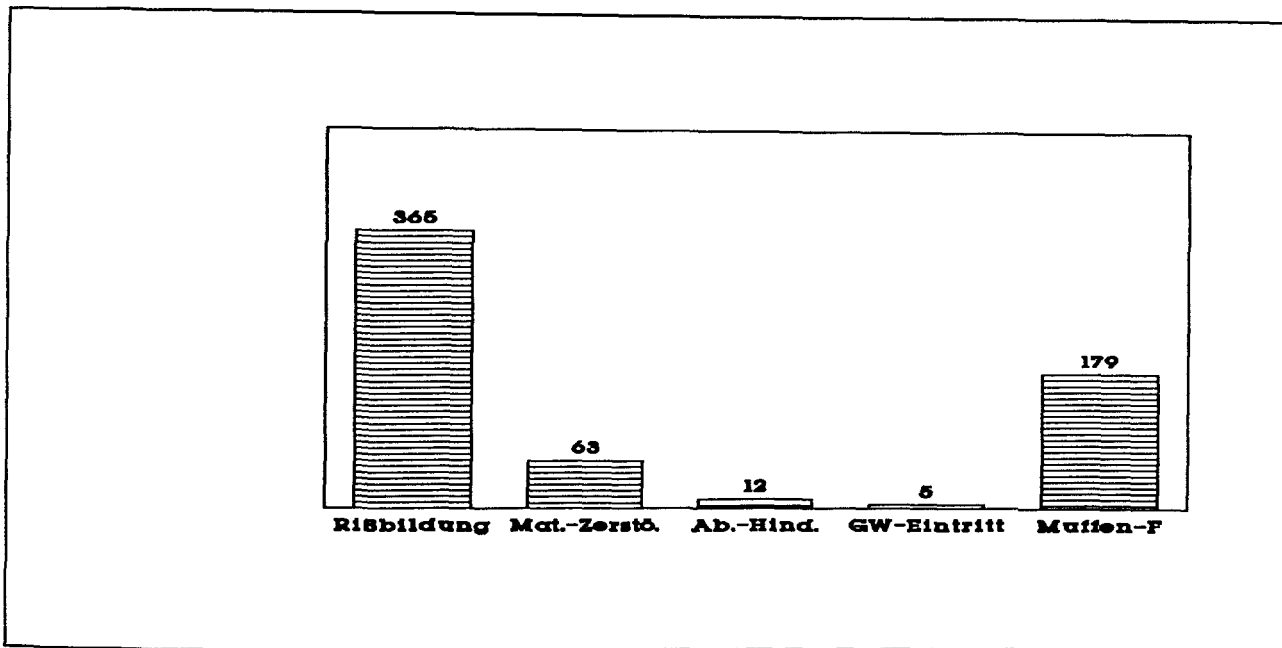


Bild 5.23 Schadensarten der Steinzeughaltungen im Kanalnetz (Anzahl aller Steinzeugschäden 624)

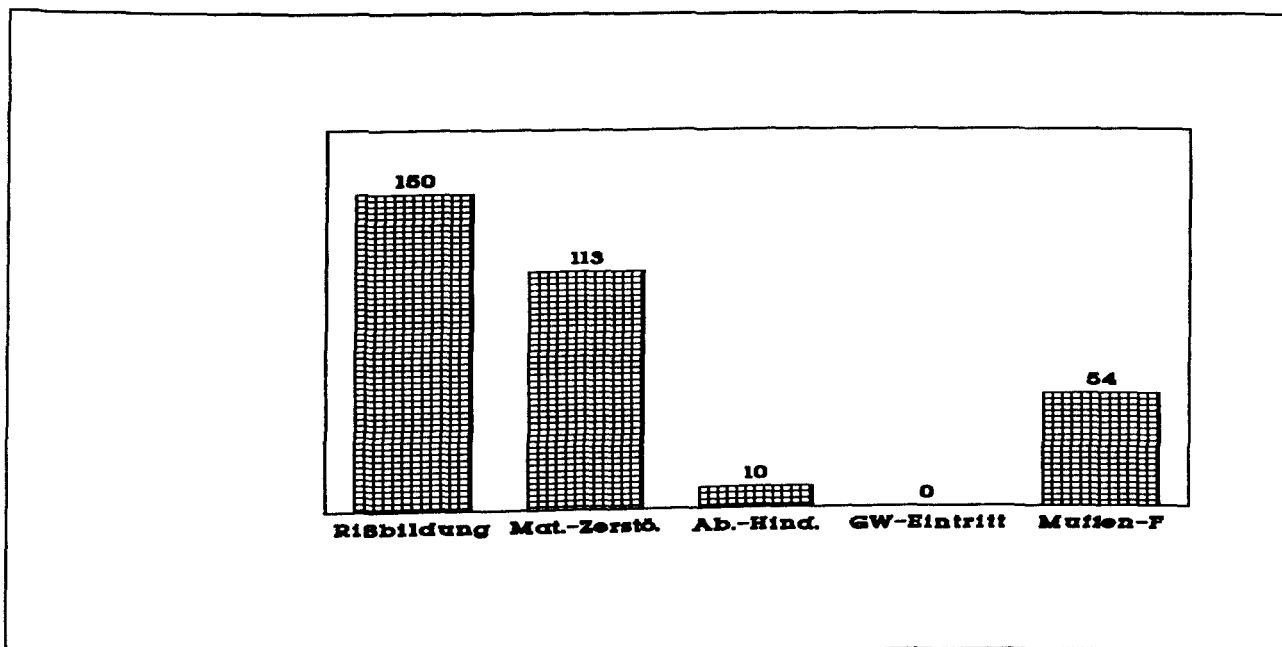


Bild 5.24 Schadensarten der Betonhaltungen im Kanalnetz (Anzahl aller Betonschäden 327)

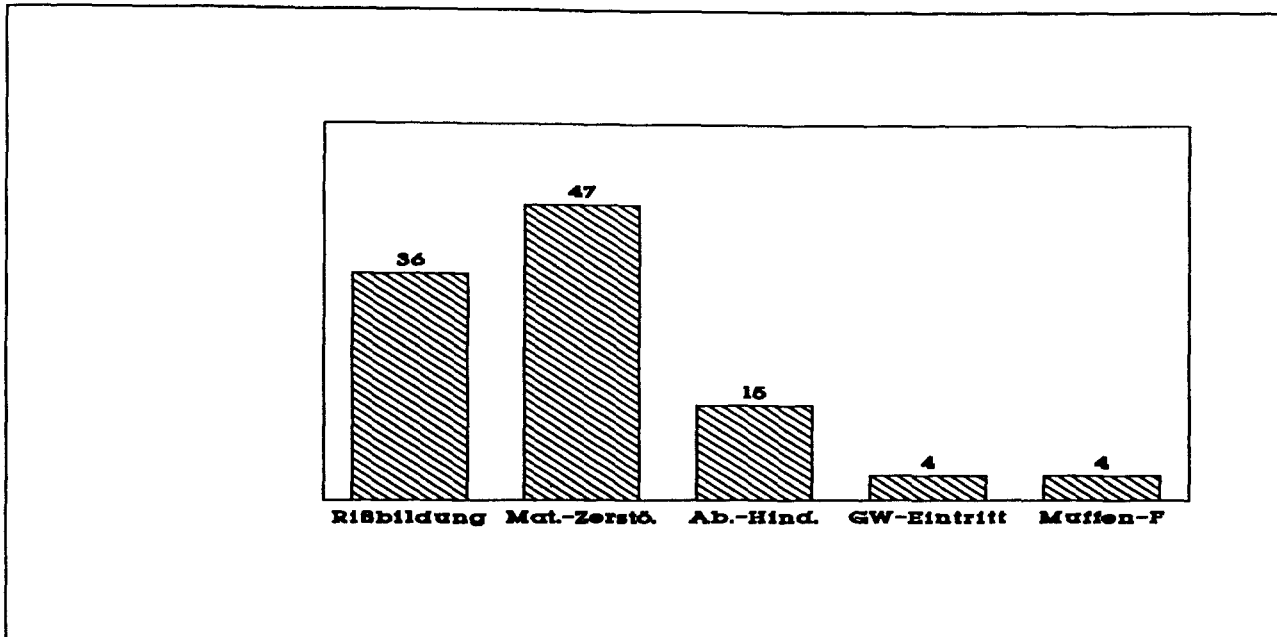


Bild 5.25 Schadensarten der Mauerwerkhaltungen im Kanalnetz (Anzahl der Mauerwerkschäden 106)

Diese Darstellungen werden in den folgenden drei Unterkapiteln zur Verdeutlichung der dort zu treffenden Aussagen verwendet.

#### 5.3.5.3 Untersuchung der Schäden in Mauerwerkhaltungen

Die Mauerwerkhaltungen mit einem Anteil von 17 % (Bild 5.17) an den verbauten Rohrwerkstoffen, sind überwiegend in den Anfängen des Kanalbaus zum Einsatz gebracht worden und wurden vornehmlich zum Aufbau des Mischwassersystems verwendet. Sie haben damit ihre Lebensdauer schon weitestgehend überschritten und können als überaltert betrachtet werden. Sie stellen das geringste Gefährdungspotential mit 19,4 Schäden/km für die Umwelt dar.

Aus dem Bild 5.25 ist deutlich zu entnehmen, daß die größte Zahl an Schädigungen aus Materialzerstörungen (44 %) herrührt und daß das Mauerwerk zudem stark durch Risse (34 %) gefährdet ist. Die Abflußhindernisse als dritte größere Gruppe (14 %) ergeben sich aus den vorhergehenden Ausführungen. Liegt eine höhere Zahl von Materialzerstörungen vor, so ist es nicht zu vermeiden, daß Wurzeln in den Kanal einwachsen oder heruntergefallene Mauersteine den Abfluß behindern. Bedingt durch die Rauigkeit des Mauerwerks kommt es zu Ablagerungen im Kanal, die dann Abflußhindernisse darstellen. Die Schäden resultieren aus den langen Zeiträumen, in denen die Haltungen in Betrieb sind.

Der dadurch entstandene hohe Verschleiß und die verwendeten Materialien lassen den Schluß zu, daß sich die alten Mauerwerkkanäle im Laufe der Jahre auflösen oder zumindest soweit zerstört werden, daß exfiltrierendes Abwasser keine Seltenheit ist.

Die heute auch von privaten Haushalten immer häufiger eingeleiteten aggressiven Abwässer verstärken noch den Angriff auf den Zementmörtel im Mauerwerk /18/. Die geologischen Gegebenheiten sind sicherlich u.a. mit dafür verantwortlich, daß die Ribbildung bzw. Materialzerstörung die größten Anteile am Schadensbild darstellen. Die geringe Anzahl an Muffenfehlern ist konsequent, da Mauerwerkkanäle kontinuierlich gefertigt werden und somit Kopplungen einzelner Haltungsabschnitte nur sehr selten auftreten.

#### 5.3.5.4 Untersuchung der Schäden in Steinzeughaltungen

Steinzeug stellt heute mit 57 % (Bild 5.17) den größten Anteil an verbauten Materialien im Kanalnetz dar. Bei der vorliegenden Anzahl von 624 Schäden ist mit 34 Schäden/km zu rechnen. Aus Bild 5.23 läßt sich ableiten, daß die Ribbildung mit 59 % aller Zerstörungen am stärksten ausgeprägt ist, während die Materialzerstörung mit 10 % nur die drittgrößte Gruppe darstellt. Ursache dafür ist der Werkstoff ansich, denn im Vergleich zum Mauerwerk handelt es sich um einen annähernd homogenen Werkstoff, und nicht wie im anderen Fall, um einen Verbundwerkstoff. Ein weiterer Grund ist die bessere Beständigkeit bei chemischem und biologischem Angriff.

Zwangsläufig stellen die Muffenfehler die zweitgrößte Gruppe mit 29 % dar. Dies ist nicht weiter überraschend, denn Steinzeugrohre sind relativ kurz (ca. 1000 mm), damit bei der Verlegung eine gute Handhabung gewährleistet wird. Die Rohre müssen daher entsprechend häufig mit Muffen gekoppelt werden. In früheren Jahren wurden geteerte Hanfstricke im Kanalbau als Dichtungsmaterial eingesetzt /11/. Es hat sich aber im Laufe der Zeit gezeigt, daß sich diese Art der Dichtung als eine schlechte Lösung darstellte. Durch Druckprüfungen im Kanalnetz konnte man zeigen, daß sich die Muffen zum Teil vollständig aufgelöst haben, sodaß mit exfiltrierendem Abwasser gerechnet werden muß /19/. Massiv treten die Muffenfehler in Kanälen auf, die vor 1960 hergestellt wurden (Bild 5.26). In den Leitungen jüngeren Verlegedatums sind Muffenfehler nur selten zu finden.



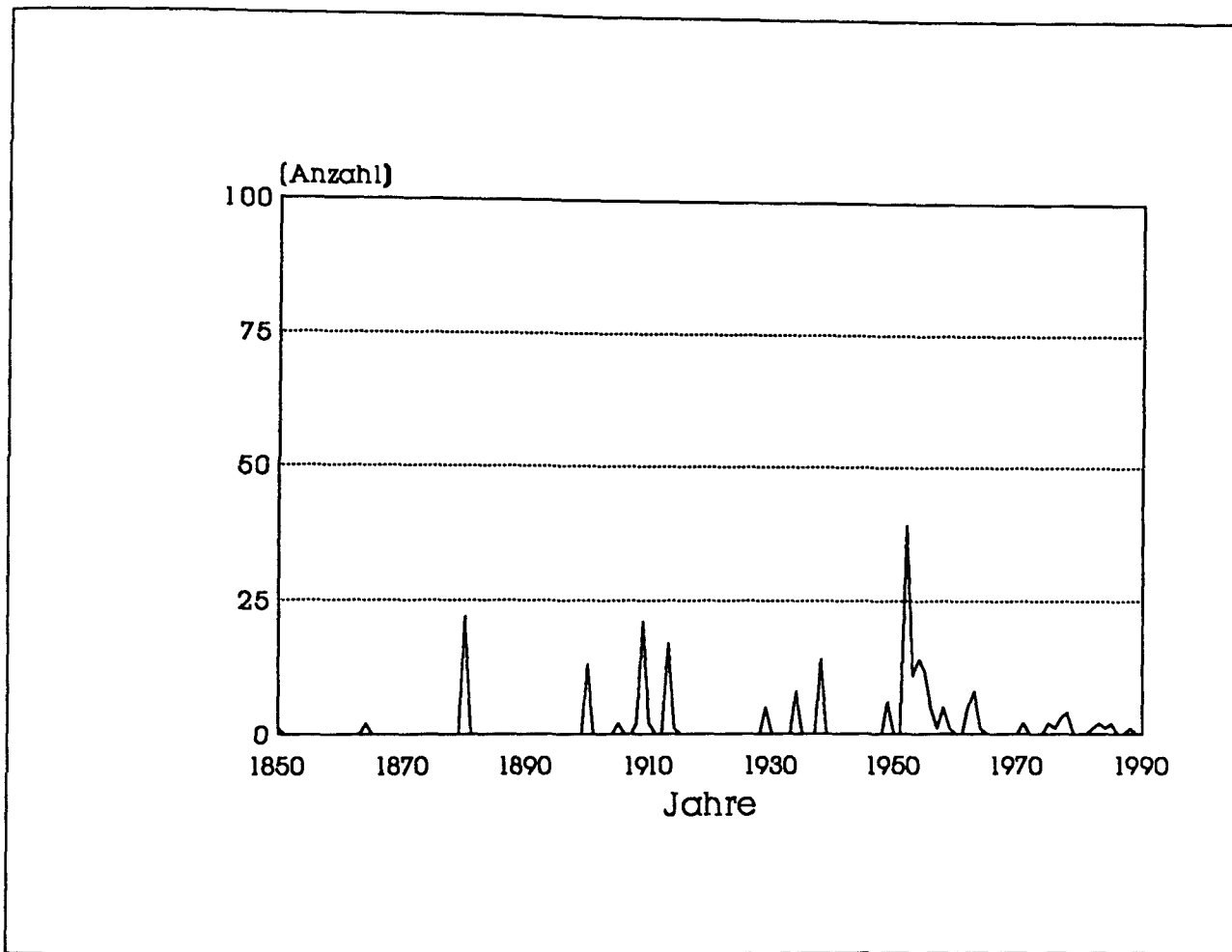


Bild 5.26 Anzahl der Muffenfehler in Abhängigkeit vom Baujahr im Kanalnetz

Die heutigen Dichtungen werden aus Kunststoffen, z.B. Polyurethan, gefertigt. Sie lassen sich den speziellen Anforderungen im Kanalbau anpassen und gewährleisten dadurch eine wesentlich höhere Sicherheit gegen Undichtigkeiten, als die traditionellen Werkstoffe. Sie sind chemisch und biologisch resistent und bei fachgerechter Ausführung lassen sich Schäden auf ein Minimum reduzieren.

#### 5.3.5.5 Untersuchungen der Schäden in Betonhaltungen

Die Betonrohre haben einen derzeitigen Anteil von 25 % an gesamten Rohrwerkstoffen (Bild 5.17). Bei der vorliegenden Anzahl von 327 Schäden ist pro Kilometer mit 41 Schäden zu rechnen. Damit stellen die Betonrohre das größte Gefährdungspotential dar. Die Rißbildungen haben mit 46 % den größten Anteil am Schadensbild. Zweitstärkste Gruppe sind in diesem Fall allerdings die Materialzerstörungen mit einem Anteil von 35 % (Bild 5.24).

Die Ursache dafür ist zum einen beim Material und zum anderen bei der Herstellung von Betonkanälen zu suchen. Aus der Altersverteilung ist zu entnehmen (Bild 5.21), daß Beton vornehmlich nach 1950 zum Einsatz kam. Im Zuge der Beseitigung von Kriegsschäden wurde zwangsläufig auch das Kanalnetz erneuert, instandgesetzt und durch Ausbau dem Bedarf angepaßt. Da in dieser Zeit kaum geschultes Personal vorhanden war, um die Betonrohre in optimaler Form herzustellen und zu verlegen, häufen sich naturgemäß die Schäden an Kanalbauten aus diesen Jahren. Fehler bei der Herstellung können sowohl durch schlechte Ausgangsstoffe bei der Betonherstellung als auch durch mangelnde Kenntnisse im Bereich der Betontechnologie (W/Z - Wert, Nachbehandlung etc.) hervorgerufen werden. Die hohe Anzahl an Materialzerstörungen ist somit nur die konsequente Folgerung daraus. Dadurch, daß man die Kanalnetze zügig wieder herstellen mußte, wurde bei der Verlegung der Rohre eher auf Quantität als auf Qualität bei der Verlegung geachtet. Fehlende Richtlinien und fehlende Kontrollen bei der Abnahme sind ein Grund dafür, daß bei der Bauausführung nicht handwerksgerecht gearbeitet wurde /20/.

Die letzten Ausführungen lassen sich auch auf das Steinzeug übertragen. Die Muffenfehler mit einem Anteil von 10 % haben im wesentlichen die gleichen Gründe, wie sie bereits beim Steinzeug erläutert wurden. Die Haltungen, die vor 1950 aus Beton entstanden, sind sehr stark mit Schäden behaftet. Mangelnde Kenntnisse auf dem Gebiet der Baustofftechnologie, schlechte Materialien und falscher Einbau sind, wie oben beschrieben, die Gründe dafür.

### 5.3.6 Verteilung der Rohrdurchmesser im Kanalnetz

In der gesamten Bundesrepublik liegen ca. 20 % aller Kanäle im begehbaren (> DN 800) und 80 % im nicht begehbaren Bereich (< DN 800) /15/. Vergleicht man diese Werte mit den Zahlen in Bild 5.27, so stellt sich hier die Situation ähnlich dar.

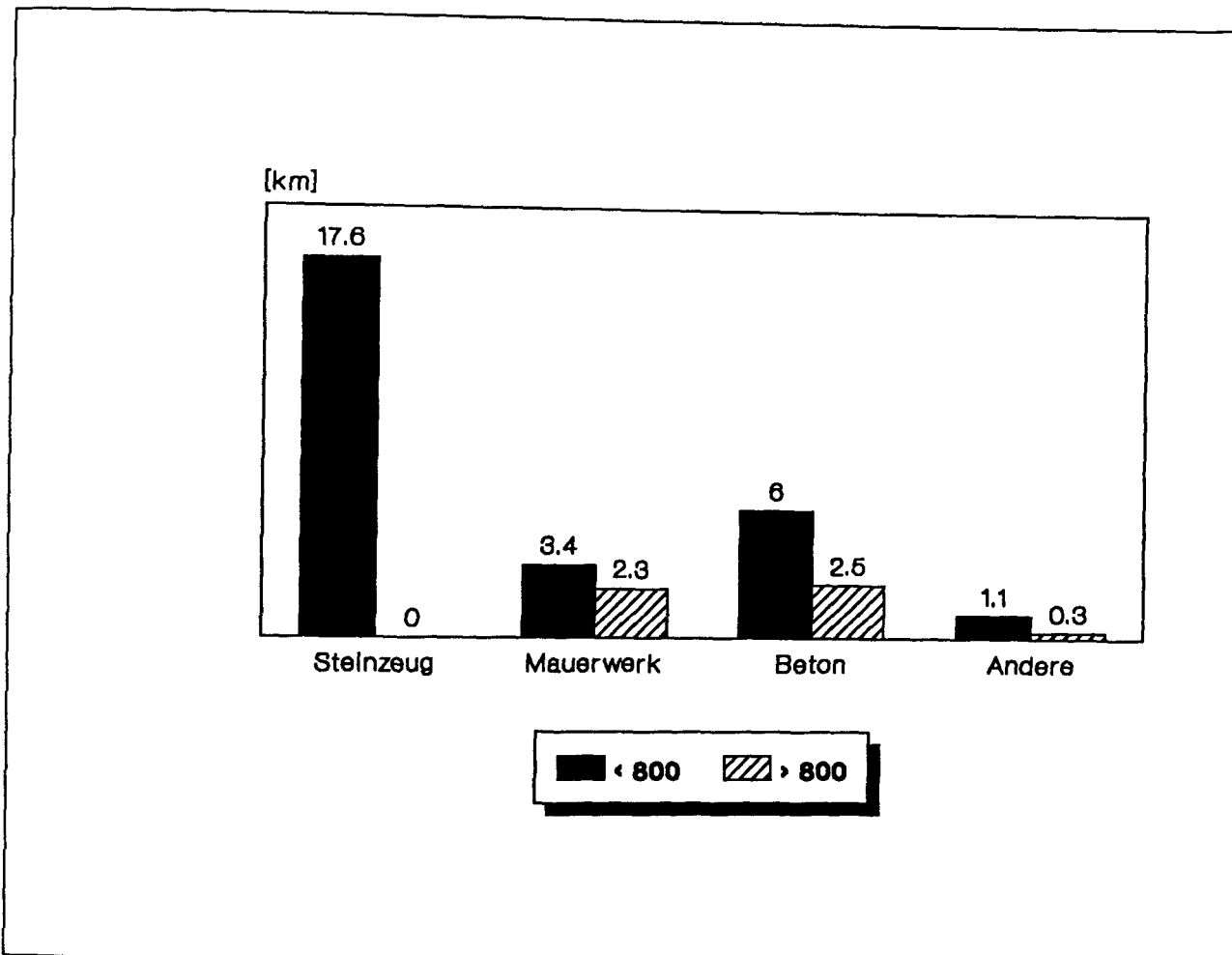


Bild 5.27 Eingesetztes Material (in Km-Leitungslänge) in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser im Kanalnetz

17 % aller Kanäle liegen im Bereich der Durchmesser  $> \text{DN } 800$  und 83 % im Bereich  $< \text{DN } 800$ . Die Verteilung der Rohrquerschnitte auf die Werkstoffgruppen sind typisch. Steinzeug als größte Gruppe befindet sich ausschließlich im Bereich  $< \text{DN } 800$ . Die Ursache dafür liegt in der Herstellung der Steinzeugrohre. Das Material muß bis zur Sinterungsgrenze gebrannt werden, um die erforderliche Festigkeit zu erreichen. Die Ofengröße bestimmt somit den maximalen Rohrdurchmesser.

Mauerwerkkanäle wurden hauptsächlich als große Sammler konzipiert, die vor Ort auf der Baustelle gefertigt wurden; daher die nahezu gleiche Verteilung auf die Rohrdurchmesser. Kleine Rohrdurchmesser  $< \text{DN } 400$  können mit Mauerwerk nicht hergestellt werden [11]. Mit Beton lassen sich im Prinzip alle Formen und Größen herstellen. 70 % der Betonrohre wurden im Nennweitenbereich  $> \text{DN } 800$  eingebaut. Der hohe Prozentsatz ergibt sich aus dem hydraulischen

Bedarf, der beim Neubau der Kanäle vorlag. Wie sich die Verteilung der Rohrquerschnitte darstellt, ist Bild 5.28 zu entnehmen.

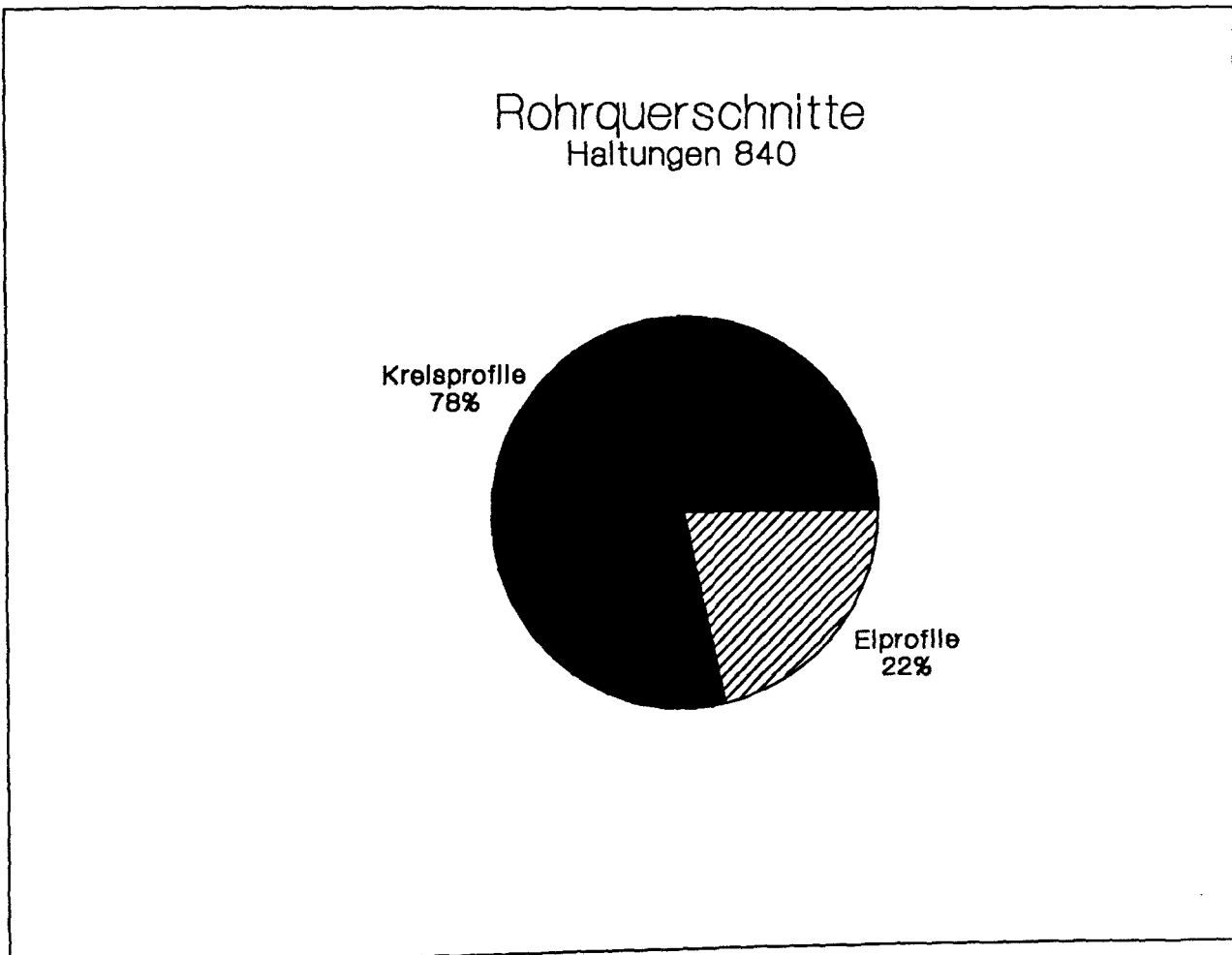


Bild 5.28 Anteile der Rohrquerschnitte am Gesamtkanalnetz

Aus den beiden Graphiken (Bild 5.27; 5.28) folgt, daß man Sanierungsverfahren verwenden sollte, mit denen Haltungen mit kleinen Kreisprofilen zu sanieren sind.

#### 5.4 Auswertung der Haltungen nach Klassifizierungsstufen

Wie in Kapitel 5.3 beschrieben, wurden die Haltungen in Klassifizierungsstufen von 1 - 5 eingeteilt. In diesem Kapitel wird nur kurz auf die Klassifizierungsstufen und die darin enthaltenen Haltungen eingegangen. Aus den folgenden Graphiken läßt sich ein Überblick über die Dringlichkeit etwaiger Sanierungsmaßnahmen gewinnen. Auch eine erste Abschätzung des Investitionsbedarfs läßt sich durchführen. Die Darstellung der Ergebnisse konzentriert sich

auf die drei Hauptmaterialgruppen Steinzeug, Mauerwerk und Beton. Die Situation ist Bild 5.29 zu entnehmen.

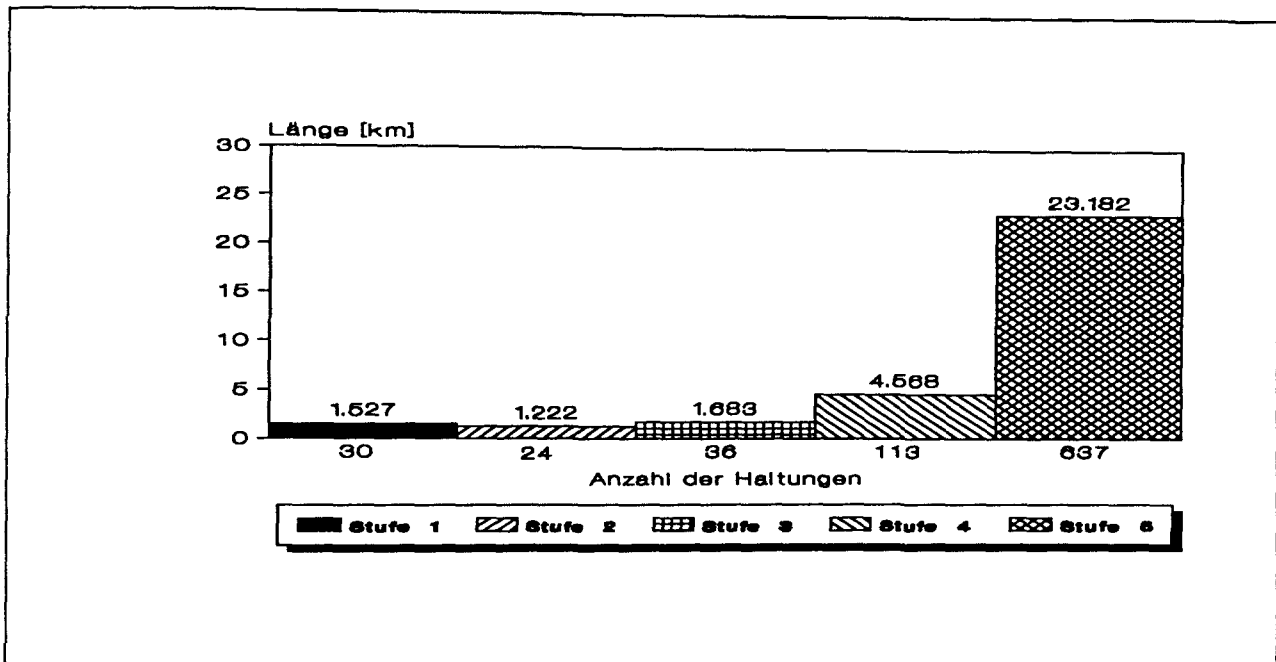


Bild 5.29 Anzahl und Längen der aller Haltungen pro Schadensstufe im Kanalnetz

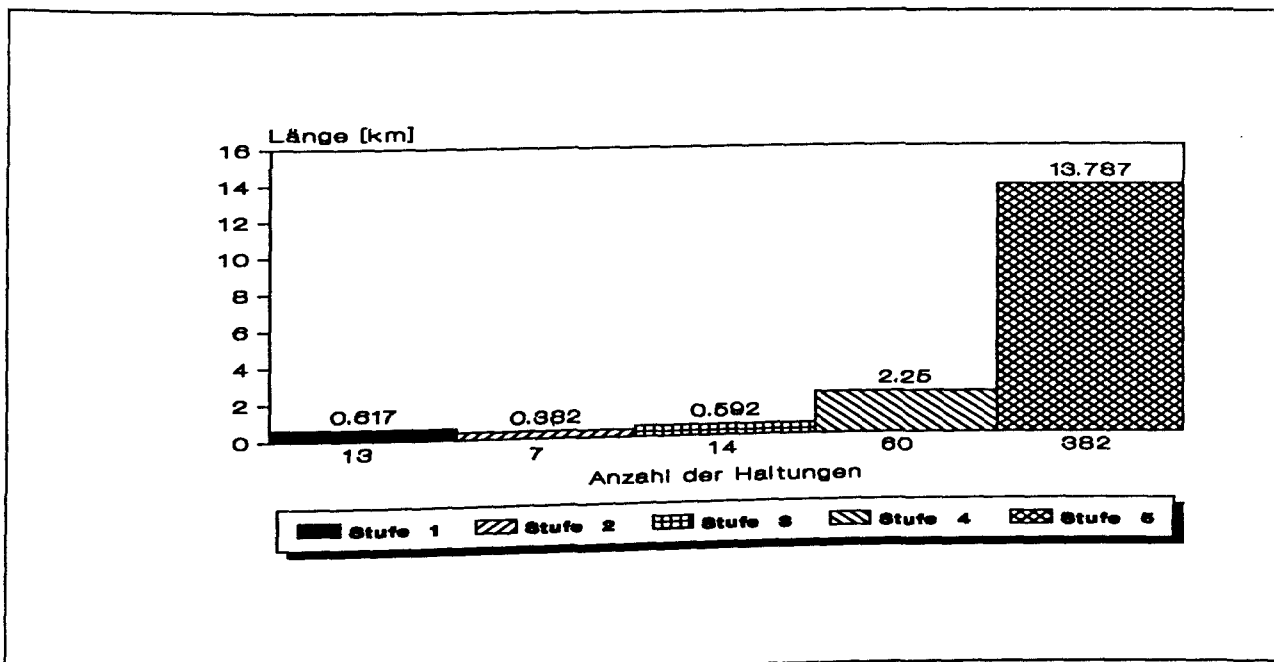


Bild 5.30 Anzahl und Längen der Steinzeughaltungen pro Schadensstufe im Kanalnetz

54 Haltungen bedürfen einer sofortigen Sanierung. Das entspricht etwa 8,5 % der Gesamtnetzlänge. In den Stufen drei und vier wurden 149 Haltungen mit einem Anteil an der Gesamtnetzlänge von 19,5 % eingestuft. Die große Masse von

72 % der Haltungen des Kanalnetzes kann man als intakt bezeichnen. Einen Überblick zu den Werkstoffen der besonders sanierungsbedürftigen Haltungen vermitteln die Bildern 5.30 bis 5.32.

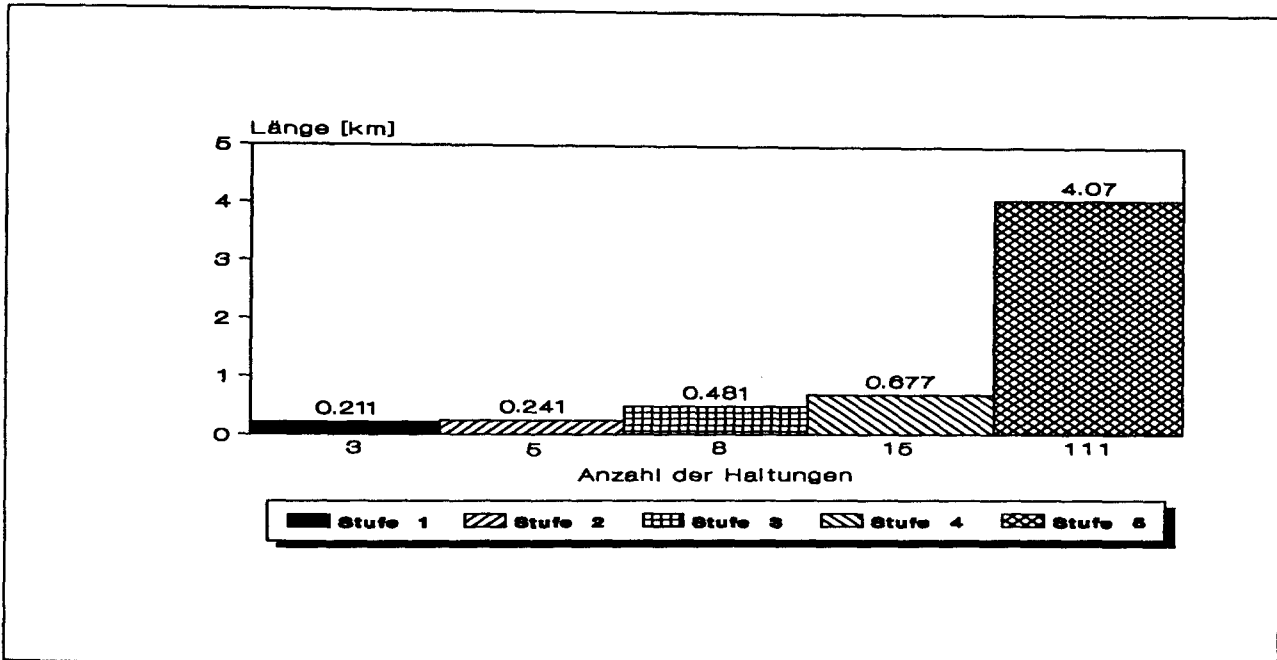


Bild 5.31 Anzahl und Längen der Mauerwerkhaltungen pro Schadensstufe im Kanalnetz

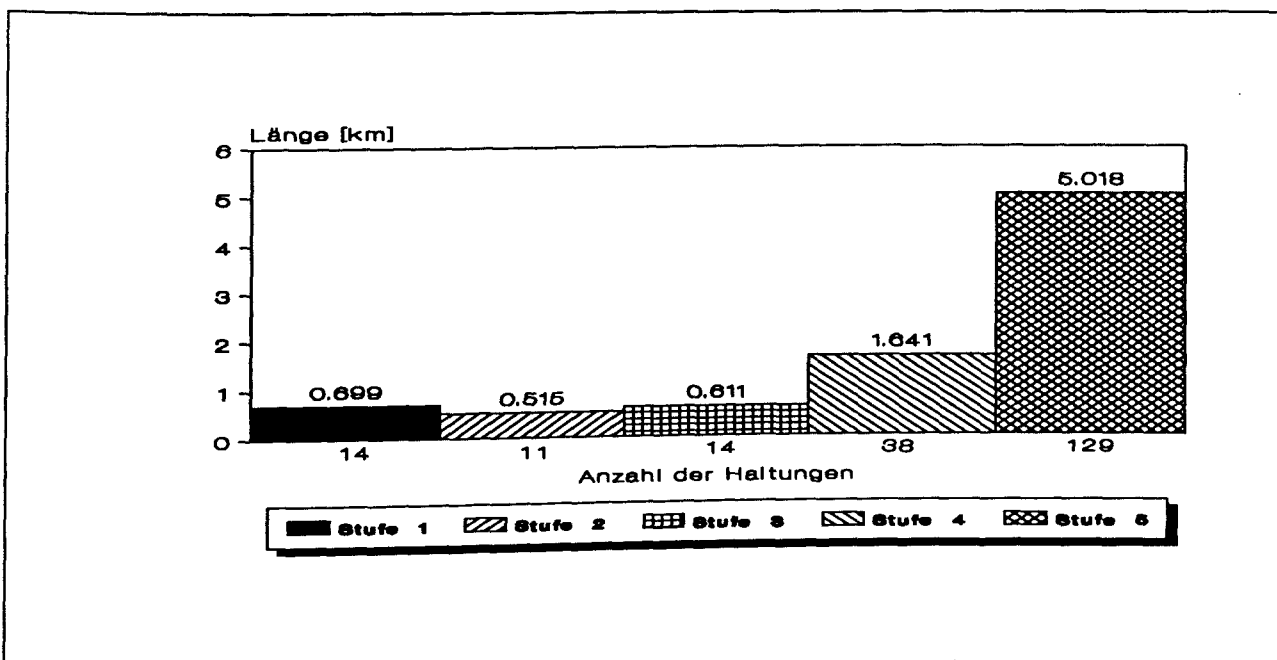


Bild 5.32 Anzahl und Längen der Betonhaltungen pro Schadensstufe im Kanalnetz

Auffällig ist die relativ hohe Anzahl von Betonhaltungen in den Schadensstufen eins bis drei im Hinblick auf den insgesamt verbauten Beton (Bild 5.33).

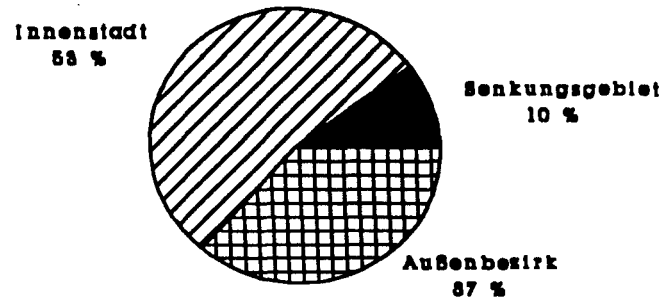
Im einzelnen wird auf diese Grafiken nicht eingegangen. Die wesentliche Aussage aus Bild 5.29 ist, daß ca. 28 % der Haltungen kurz oder längerfristig einer Sanierung bedürfen.

Im Vergleich dazu sind in der Bundesrepublik ca. 20 % der Haltungen defekt und müssen saniert werden. Welche Kriterien bei der Beurteilung der Schäden und dem daraus abgeleiteten Sanierungsbedarf angesetzt wurden, ist den Literaturangaben nicht zu entnehmen.

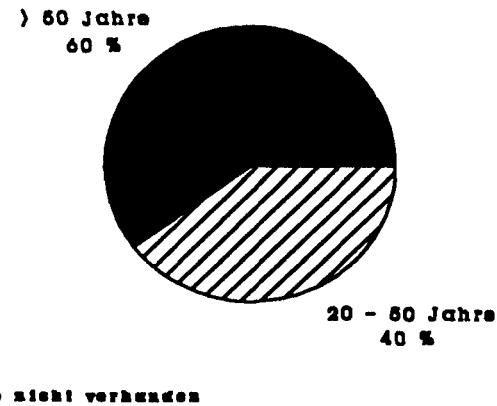
In den Bildern 5.33 und 5.34 sind die Schadensstufen eins und zwei noch einmal näher untersucht worden. Neue Erkenntnisse im Hinblick auf die Entstehung von Schäden lassen sich aus diesen Auswertungen nicht gewinnen. Aus diesem Grund werden sie hier nicht weiter interpretiert, sondern dienen lediglich zur Vollständigkeit.

# Schadensstufe 1

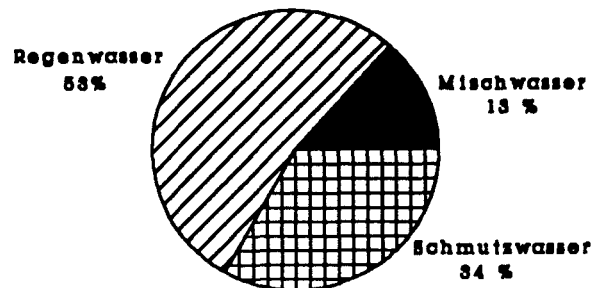
## Entwässerungsbezirk Haltungen 30



## Alter Haltungen 30



## Entwässerungssystem Haltungen 30



## Material Haltungen 30

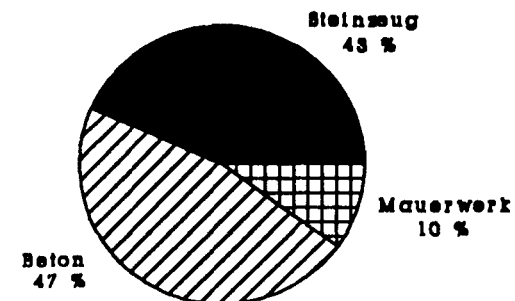
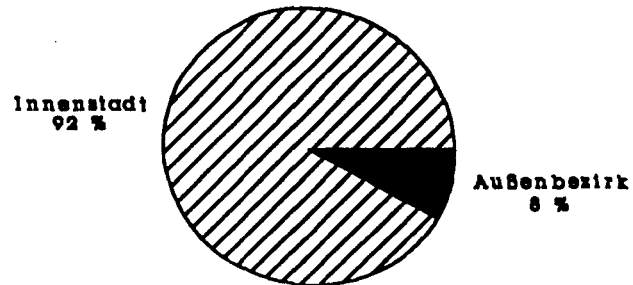


Bild 5.33 Ausgewählte Auswertungen der Schadensstufe 1 im Kanalnetz



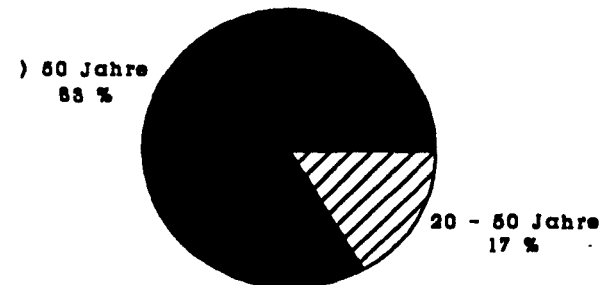
## Schadensstufe 2

### Entwässerungsbezirk Haltungen 24



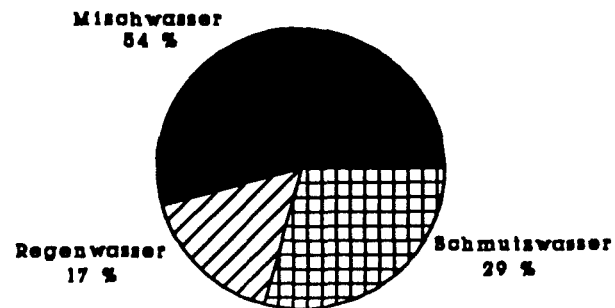
Senkungsgebiet nicht vorhanden

### Alter Haltungen 24



0 - 20 Jahre nicht vorhanden

### Entwässerungssystem Haltungen 24



### Material Haltungen 24

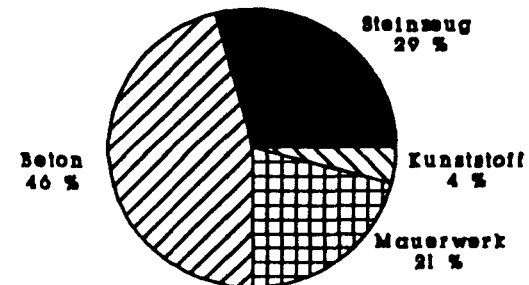


Bild 5.34 Ausgewählte Auswertungen der Schadensstufe 2 im Kanalnetz

## 6 VERFAHREN ZUR SCHADENSBEHEBUNG

### 6.1 Allgemeines

Die derzeit eingesetzten Verfahren zur Schadensbehebung orientieren sich an den Schadensbildern. Die Verfahren zur Schadensbehebung können in drei Hauptgruppen eingeteilt werden /11/:

- Instandsetzung
- Sanierung
- Erneuerung.

Das maßgebende Kriterium für die Anwendung der Verfahren ist der Schadensumfang. Es wird unterschieden in örtlich begrenzte, örtlich begrenzte wiederholte und umfangreiche Schäden. Im Rahmen der Schadensbehebung muß es Ziel sein, auch die Schadensursachen mit zu beseitigen, um wiederholtes Auftreten von Beeinträchtigungen zu vermeiden.

Die Verfahrenswahl hängt letztlich von einer Vielzahl Faktoren ab. Im einzelnen sind dies:

- Die örtliche Situation
- Die Lage im Entwässerungsnetz
- Die Art des Kanals
- Konstruktionsdetails
- Abwasserverhältnisse in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft
- Äußere Lasten in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft
- Bisherige Maßnahmen zur Wartung / Reinigung / Inspektion und Schadensbehebung
- Der Zustand.

Weiterführende Angaben sind /11/ zu entnehmen. Anhand des Flußdiagramms in Bild 6.1 läßt sich die Auswahl der Verfahrenshauptgruppen zu Schadensbildern vornehmen.

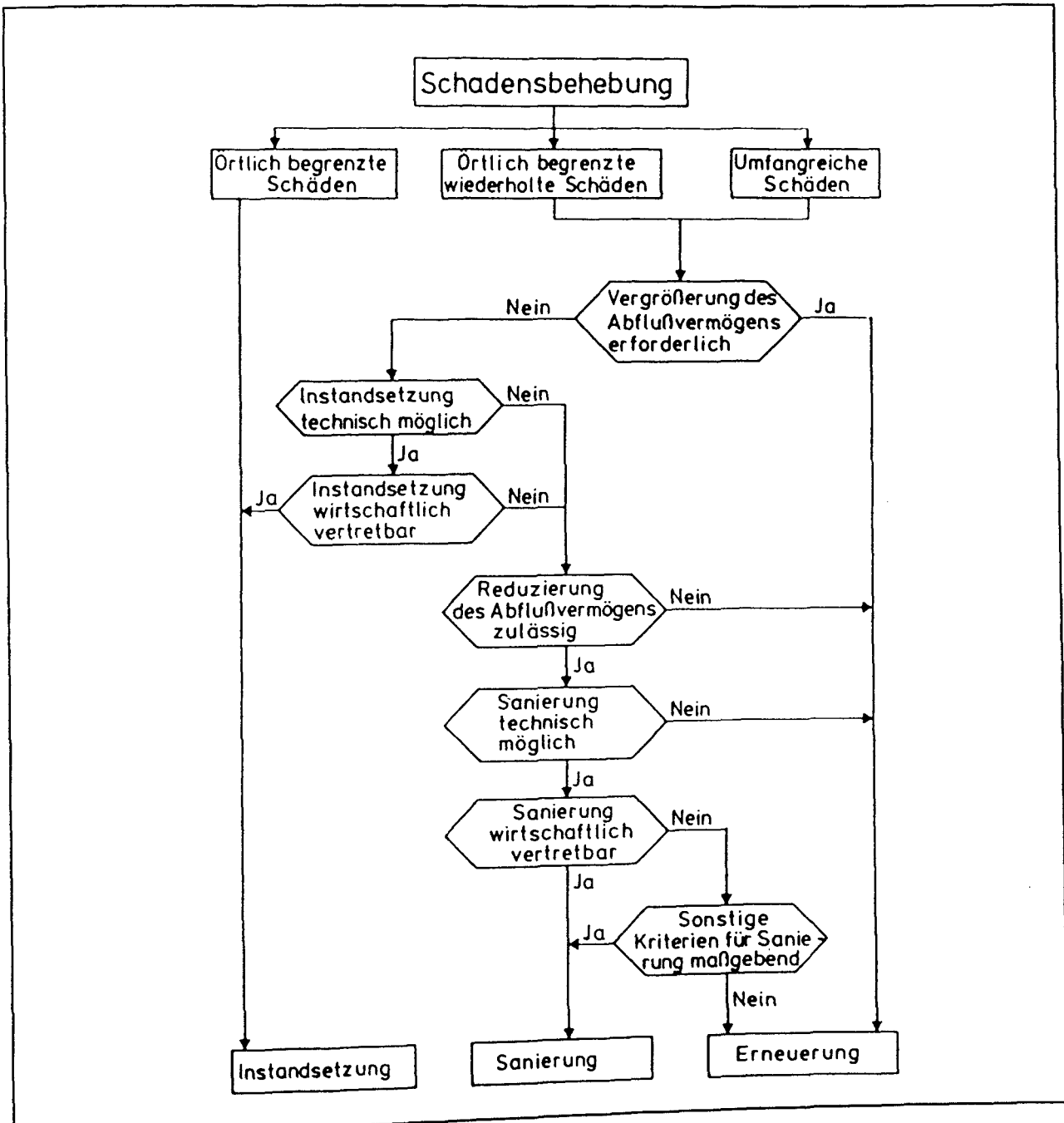


Bild 6.1 Flußdiagramm zur Auswahl der Verfahrenshauptgruppen zur Schadensbehebung /7/

Jeder dieser drei Hauptgruppen lassen sich Spezialverfahren zuordnen. Sie sind in Bild 6.2 dargestellt.

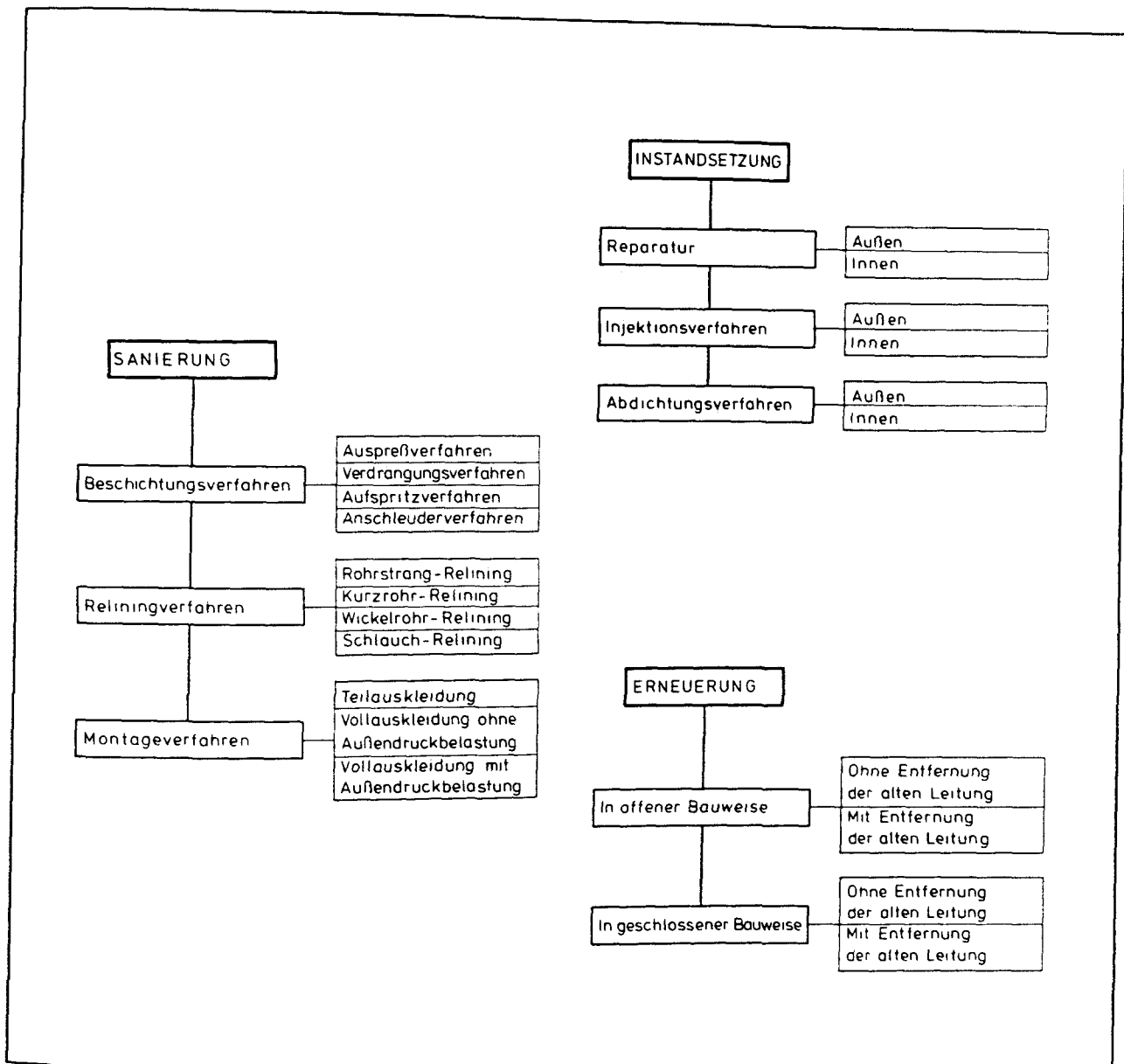


Bild 6.2 Übersicht über die Verfahren zur Schadensbehebung

Alle im Laufe der Zeit entwickelten Verfahren hier vorzustellen und zu bewerten, würde den Rahmen sprengen. Deshalb wird nur auf die wichtigsten heute im Einsatz befindlichen Verfahren eingegangen. Hierzu wurde im Rahmen einer Studie /21/ eine Umfrage gemacht, die folgendes das in Tabelle 6.1 wiedergegebene Ergebnis lieferte.

Zusätzlich zu diesen Verfahren wird eine Sanierungsmethode erläutert, die sich in der Entwicklung befindet und somit die breite Akzeptanz bei den ausführenden Fachfirmen noch nicht erlangt hat, aber aus noch darzulegenden

Gründen eine durchaus sinnvolle Alternative zu den bestehenden Verfahren darstellt.

Tab. 6.1 Anzahl der ausgewerteten Kommunen (46), die die Verfahren zur Schadensbehebung mindestens einmal angewendet haben /21/

Verfahrensgruppe	Verfahren	Anzahl der Anwender Absolut	Anzahl der Anwender %
Injektionsverfahren	Penetryn/Posatryn	23	50
	Seal-i-Tryn	0	0
	Cherne	0	0
Beschichtungsverfahren	Anschleuderverfahren	10	22
Reliningverfahren	Rohrstrang-Relining	6	13
	Kurzrohr-Relining	11	24
	Schlauch-Relining	16	35
	(Insituform, KM-Inliner)		
Montageverfahren	Sohlauskleidung	7	15
	Auskleidung des Gasraumes	2	4
	Vollauskleidung	1	2
Erneuerungsverfahren in geschlossener Bauweise	KM-Berstlining	1	2
Kein oben genanntes Verfahren		5	11

Wie man aus den vielen Einflußfaktoren ersehen kann, ist es nicht möglich für bestimmte Schadens- / Baustoffkombinationen auch eine alleinige Sanierungsmethode auszuwählen. Schadensart und -umfang geben den groben Rahmen für die Verfahrenswahl vor. Letztlich entscheiden aber die örtlichen Randbedingungen über das zu wählende Instandsetzungsverfahren.

In diesem Kapitel werden kurz die Grundkonzeptionen der wichtigsten bis dato im Einsatz befindlichen Sanierungsmethoden dargestellt, Einsatzgebiete und Werkstoffe behandelt sowie Vor- und Nachteile der Verfahren aufgezeigt.

Letztlich entscheiden geringe Verfahrensmodifikationen über den Einsatz eines speziellen Verfahrens auf der Baustelle. In einer abschließenden Tabelle wird dann noch einmal eine Kurzübersicht über die vorgestellten Sanierungsmethode dargestellt.

## 6.2 Instandsetzungsverfahren

Unter Instandsetzung versteht man Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes bei örtlich begrenzten Schäden der Betrachtungseinheit durch

- Reparatur
- Injektionsverfahren oder
- Abdichtungsverfahren /11/.

Mit Hilfe dieser Instandsetzungsverfahren lassen sich Schäden reparieren, die punktuell in den Haltungen auftreten. Solche Schäden sind z.B. Risse und im besonderen Maße undichte Muffen. Das Verfahren, das in diesem Bereich am häufigsten eingesetzt wird, ist das Penetryn/Posatryn-Verfahren (siehe Tab. 6.1). Dabei handelt es sich um ein Verfahren zur Abdichtung partieller Undichtigkeiten mit Hilfe der Injektionstechnik auf der Basis von Acrylharzen. Im Bereich der Schadensstelle wird ein Packer positioniert, der die Injektion ermöglicht (Bild 6.3).

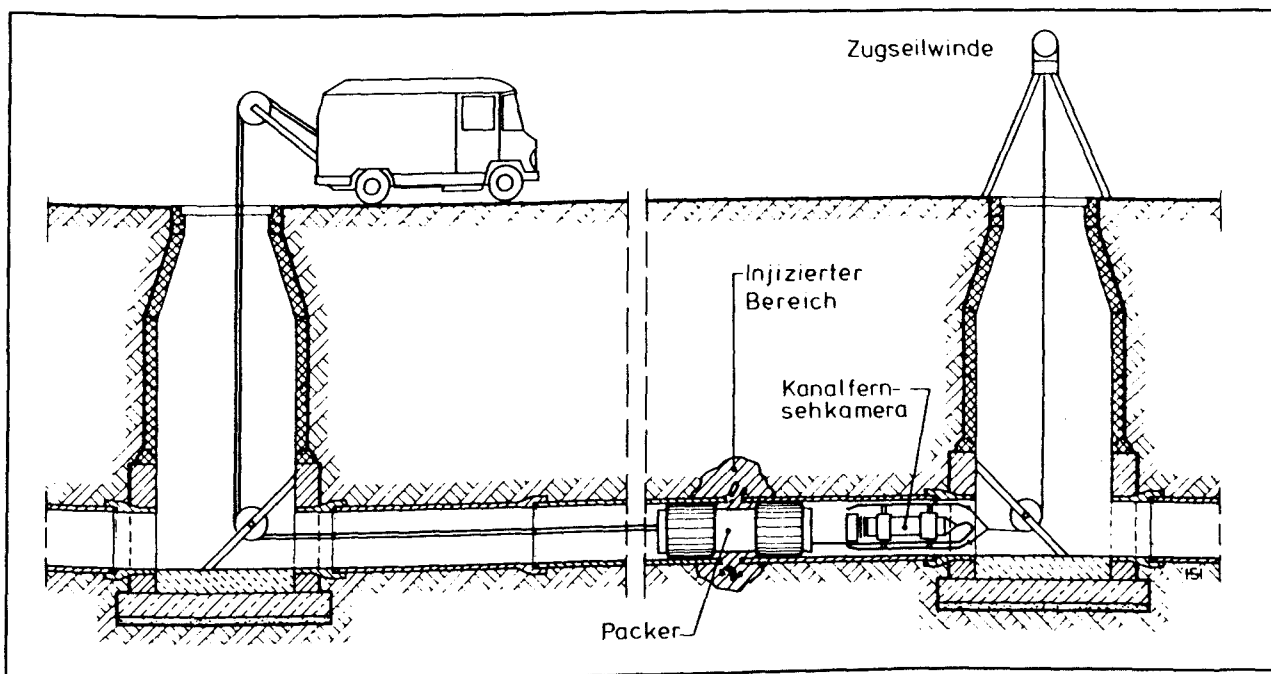


Bild 6.3 Prinzipskizze des Penetryn-Verfahrens

Der Arbeitsablauf sieht folgendermaßen aus (Bild 6.4).

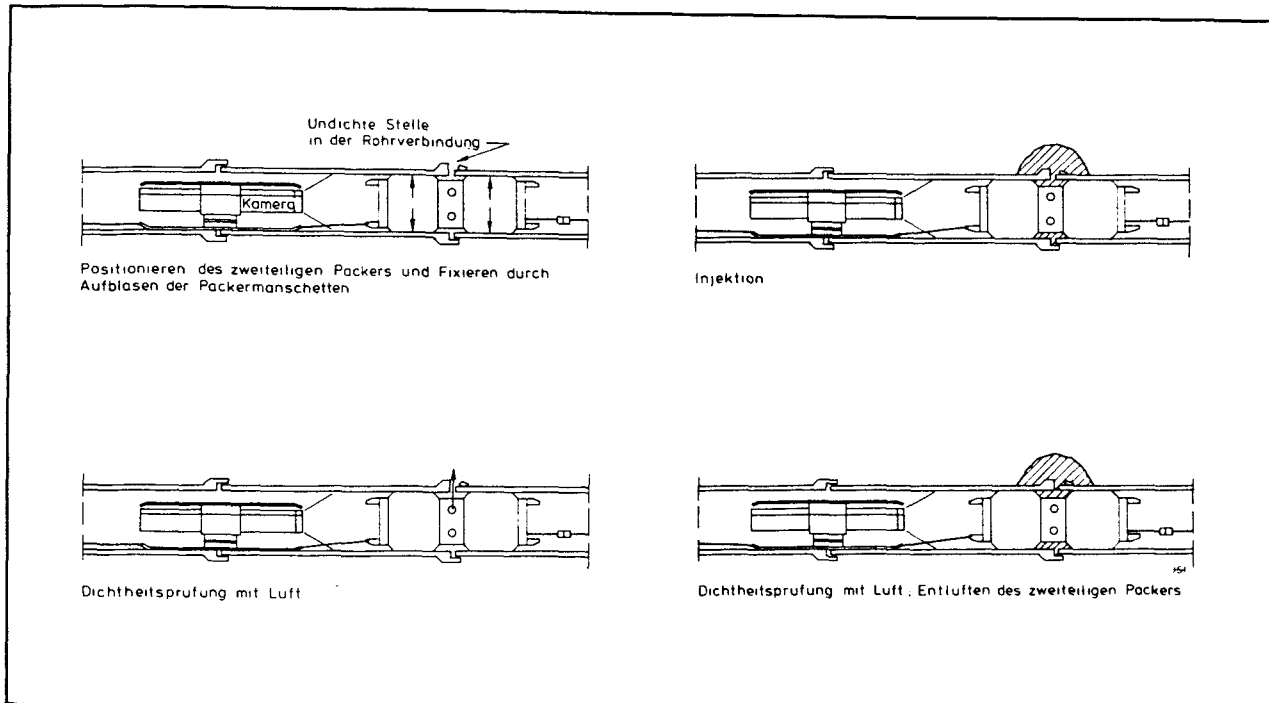


Bild 6.4 Arbeitsablauf beim Penetryn-Verfahren

Im ersten Schritt wird das erforderliche Gerät - Packer und Fernsehkamera - mittels einer Winde unter Fernsehbeobachtung mittig positioniert. Durch Aufblasen der Packermanschetten wird das Gerät fixiert, wobei der verbleibende Zwischenraum von der übrigen Leitung gas- und wasserdicht verschlossen wird. Im zweiten Schritt erfolgt eine Dichtheitsprüfung mit Luft oder Wasser bei einem Druck von ca. 0,5 bar. Wird eine Undichtigkeit festgestellt, folgt im dritten Arbeitsgang das Verpressen der Hohlräume mit einem Zweikomponenteninjektionsmittel unter einem Druck von 1 bis 3 bar. Je nach Reaktionsbedingungen polymerisiert die Injektionslösung in 15 - 30 sec. zu einem weichelastischen Gel, welches die Abdichtung gewährleistet.

Die für die Reaktion notwendige Bodenfeuchte von 3 % ist in den hiesigen Böden stets vorhanden. Nach Abschluß des Einpressvorganges wird eine erneute Dichtheitsprüfung mit Wasser oder Luft unter einem Druck von 0,5 bar durchgeführt. Bei der Verarbeitung der Injektionsmaterialien ist stets mit dem Phänomen der Synärese zu rechnen, wodurch es in Abhängigkeit der Bodenart bereits wenige Tage oder Wochen nach der Injektion zu erneuten Undichtigkeiten führen kann. Bei stark grobkörnigen Böden kann es notwendig sein, eine Vorin-

jektion mit Zement vorzunehmen. Das Phänomen der Synärese ist in diesem Zusammenhang weitestgehend unerforscht /14/.

Nach Beendigung aller Arbeiten werden die Packermanschetten entlüftet und das Gerät zur nächsten Schadensstelle transportiert. Nacharbeiten sind nicht erforderlich. Eine Abdichtung von Schadensgebiete bis zu 1,50 m ist so möglich. Die Arbeitsleistung von Rohren mit einem Durchmesser von DN 100 liegt je nach Häufigkeit und Ausmaß der Schäden zwischen 50 und 150 m Leitungslänge pro Tag /11/. Die Gewährleistungsfrist liegt nach VOB bei 5 Jahren.

Im nicht begehbaren Bereich können alle notwendigen Arbeiten von zwei Personen durchgeführt werden. Das Arbeitsgerät, bestehend aus Druckluft- und Injektionsanlage, Kanalfernseheinrichtung sowie der Kontroll- und Steuereinheit, läßt sich auf einem LKW montieren. Das Penetryn/Posatryn-Verfahren bietet folgende Vorteile:

- Keine Bauarbeiten oder Aufgrabungen erforderlich
- Vorflut kann je nach Packer bis zu max. 50 % aufrechterhalten bleiben
- Bis zu 150 m Kanallänge können von einem Standort aus instandgesetzt werden
- Einsetzbar bei allen Rohrwerkstoffen und bei Kreis-, Ei- und Sonderquerschnitten
- Anwendbar im Nennweitenbereich von DN 150 bis DN 4500
- Kosteneinsparung durch ausschließliche Beschränkung auf undichte Bereiche
- Hohe Leistung bei geringem Personal- und Geräteaufwand
- Erfolg durch Luft- oder Wasserdruckprüfung sofort kontrollierbar
- Keine Querschnittsreduzierung

Als Nachteile sind zu nennen:

- Verfahren nur bedingt anwendbar bei größeren Hohlräumen in der Leitungszone sowie bei Temperaturen unter 0 °C
- Bei Längsrissen, größeren Lageabweichungen, statischen Rohrschäden, Scherbenbildung und Rohrbruch nicht anwendbar
- Erfolg kann nicht immer garantiert werden, z.B. bei starken Grundwasserströmungen und gleichzeitig großen Undichtigkeiten sowie starken Verschmutzungen in deren Bereich



- Bezüglich des Injektionsmittels liegen bis dato noch keine Umweltverträglichkeitsprüfungen vor /14/.

Im Anhang A, Tabelle 1, sind die Kurzbeschreibung des Verfahrens sowie die Einsatzgebiete und Voraussetzungen dargestellt. Im Anhang B, Bild 1, werden die in der Umfrage ermittelten Ergebnisse wiedergegeben. Diese bleiben unkommentiert und dienen nur zur Verdeutlichung der hier getroffenen Aussagen. Die Kommentare zu diesen Bildern sind /14/ zu entnehmen.

### 6.3 Sanierungsverfahren

#### 6.3.1 Allgemeines

Unter Sanierung versteht man nach ATV Arbeitsblatt M 143 /7/ "Maßnahmen zur Wiederherstellung des Soll-Zustandes schadhafter Kanalisationen durch deren technische Veränderung unter Erhaltung ihrer Substanz". Zur Durchführung der Maßnahmen werden

- Beschichtungsverfahren
- Reliningverfahren oder
- Montageverfahren eingesetzt.

#### 6.3.2 Beschichtungsverfahren

Beschichtungsverfahren werden zum Aufbringen einer geschlossenen Schicht auf die Rohrrinnenwandung, zur Wiederherstellung oder Erhöhung des Widerstandes gegen mechanische und/oder chemische Angriffe, zur Verhinderung einer erneuten Bildung von Inkrustationen sowie der statischen Tragfähigkeit und der Wasserdichtheit verwendet. Bei diesen Verfahren sind in der Regel Querschnittsreduzierungen nicht zu vermeiden. Zur Sanierung von Kanalisationen kommen ausschließlich Mörtelbeschichtungen in Frage. Dieses Ergebnis lieferte das Forschungsvorhaben "Demonstrationsobjekt Hamburger Sammlersystem", das in Hamburg durchgeführt wurde /11, 22/.

Bei den Mörtelbeschichtungen unterscheidet man je nach Art des Aufbringens folgende Verfahren:

- Auspressverfahren
- Verdrängungsverfahren

- Aufspritzverfahren
- Anschleuderverfahren.

Hier wird das Anschleuderverfahren als eines der bekanntesten und sich in der Anwendung bewährten Verfahren behandelt (siehe Tab. 6.1). Mit Hilfe des Anschleuderverfahrens lassen sich umfangreiche Schäden, die in einer Haltung auftreten, sanieren z.B.:

- Längs- und Querrisse
- Korrosionsschäden und
- bedingt Scherbenbildung.

Das Verfahren ist bei allen zu sanierenden Rohrwerkstoffen einsetzbar, mit Ausnahme von Kunststoffen. Es läßt sich außerdem nur bei Kreisquerschnitten verwenden. Entsprechende Gerätekonfigurationen für Eiprofile sind in der Entwicklung. Beim Centriline-Verfahren wird durch einen schnell rotierenden Schleuderkopf der Beschichtungswerkstoff gegen die Rohrwand geschleudert. Bild 6.5 zeigt die Prinzipskizze des Verfahrens.

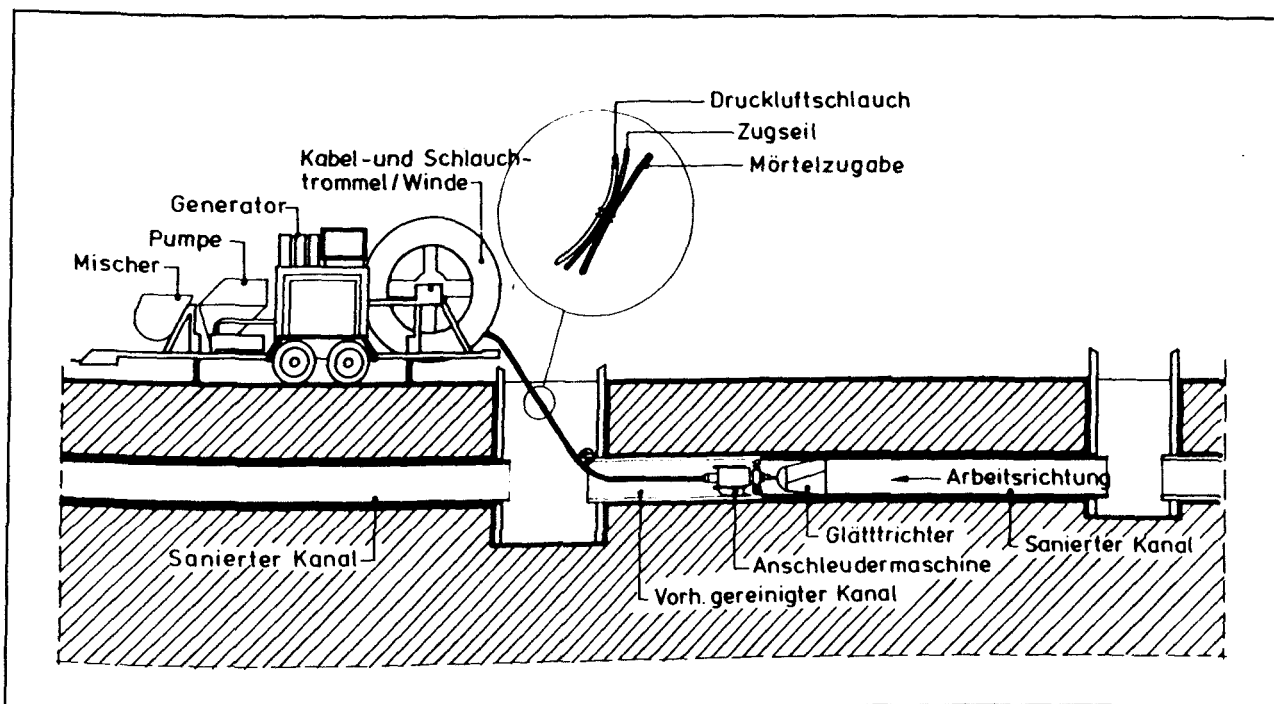


Bild 6.5 Anschleudern von Zementmörtel und Glättung mit Glätttrichter /14/

Nach dem Ansetzen und Zentrieren der Schleudermaschine an einem Ende der Haltung wird das Gerät mittels einer Winde mit konstanter Geschwindigkeit rück-

wärts durch die Haltung gezogen. Dabei wird der Beschichtungswerkstoff aufgetragen und die Beschichtungsoberfläche mit einem Glättrichter, Glättballon oder durch Glättkellen geglättet. Die gewünschte Schichtstärke wird durch die konstante Mörtelzufuhr, die Rotationsgeschwindigkeit des Schleuderkopfes und durch die vorher festgelegte Fahrgeschwindigkeit der Maschine erreicht. Es lassen sich so Schichtstärken bis 40 mm herstellen.

Nach Abschluß der Arbeiten sollte die Haltung sofort verschlossen werden, um ein Austrocknen des Zementmörtels zu verhindern. Zum Werkstoff ist noch anzumerken, daß auch reaktionsharzmodifizierte Zementmörtel und Reaktionsmörtel verwendet werden können. Für eine optimale Nachbehandlung ist es empfehlenswert, die Haltung nach ca. 12 Stunden mit Wasser zu füllen. Vor Inbetriebnahme der neuen Leitung ist eine Inspektion durchzuführen, um die Ribildung und Glätte der Oberfläche zu kontrollieren. Die Arbeitsleistung liegt bei ca. 150 m Leitungslänge pro Tag. Die Gewährleistung wird im allgemeinen nach VOB vereinbart.

Dieses Verfahren ist auch einsetzbar bei Rohrdurchmessern > DN 800, wobei eine leicht modifizierte Gerätekonfiguration zum Einsatz kommt. Der Personalbedarf im nicht begehbaren Bereich liegt bei 6 Personen. Die Kosten einer Sanierung nach dem Anschleuderverfahren betragen ca. 20 - 50 % einer Leitungsneuverlegung /11/.

Das Anschleuderverfahren bietet folgende Vorteile:

- Einsetzbar nahezu unabhängig von Nennweite und Haltungslänge
- Beschichtung auf Beton, Steinzeug, Asbestzement, Stahl, Guß und Klinkermauerwerk möglich
- Neben Zementmörteln lassen sich auch reaktionsharzmodifizierte Zementmörtel oder Reaktionsharzmörtel verarbeiten
- Verbesserung des Tragverhaltens der Rohrleitung durch Beteiligung der abgebundenen Mörtelschale an der Tragwirkung der Verbundkonstruktion bei vorhandener Haftung
- Zugabe von Fasern zur Tragfähigkeitserhöhung möglich
- Schichtdicke auch innerhalb einer Haltung variierbar
- Hohe Arbeitsgeschwindigkeiten mit Leistungen von ein bis zwei Haltungen (ca. 150 m) pro Tag
- Anschlußkanäle bilden keine wesentlichen Störfaktoren.

Als Nachteile sind zu nennen:

- Zu sanierende Haltungen und Anschlußkanäle sind außer Betrieb zu setzen
- Untergrund ist in Abhängigkeit von dem gewählten Beschichtungsmörtel sorgfältig vorzubereiten
- Glättung nur bei kreisrunden Leitungen ohne Rohrversatz möglich.

Kurzbeschreibung des Verfahrens, siehe Anhang A Tabelle 2. Die Umfrageergebnisse sind in Anhang B, Bild 2, dargestellt.

## 6.4 Relining-Verfahren

Die Relining-Verfahren dienen zum abschnittsweisen Einbringen der Inliner a priori, oder nach einer Aushärtezeit selbsttragender Rohre in die zu sanierende Leitung zur Wiederherstellung oder Erhöhung des Widerstandsvermögens gegen mechanische und/oder chemische Angriffe, zur Verhinderung einer erneuten Bildung von Inkrustationen, zur Wiederherstellung und/oder Erhöhung der statischen Tragfähigkeit sowie der Wasserdichtheit /14/. Bei allen Relining-Verfahren werden Querschnittsabminderungen der Leitungen vorgenommen. Dies ist nicht weiter als kritisch zu beurteilen, denn im allgemeinen verringert sich das Abflußvermögen nicht, da die neuen Rohre technisch glatter sind, als die zu sanierenden Leitungen /11/.

### 6.4.1 Rohrstrang-Relining

Das Rohrstrang-Relining-Verfahren läßt sich bei fast allen Schadensarten anwenden, außer bei Leitungseinbrüchen und je nach Schadensumfang nur bedingt bei Leitungsverformungen und Lageabweichungen. Das Verfahren ist bei allen zu sanierenden Rohrwerkstoffen einsetzbar. Die Querschnittsformen der zu sanierenden Rohre spielen dabei keine Rolle. In der Regel werden Kreisquerschnitte im Nennweitenbereich DN 80 bis DN 2000 bei Längen bis zu 700 m in Abhängigkeit vom Zustand der Trasse saniert.

Um den Inliner in die Haltung einbringen zu können, muß in einem ersten Arbeitsgang eine Einziehbaugrube erstellt werden. Die Abmessungen der Baugrube richten sich nach dem Biegeradius des Kunststoffrohres und nach dem Außen-



Es besteht die Gefahr des Beulens, was bei der Bemessung zu beachten ist. Bei Inlinern von standsicherheitsgefährdeten Kanälen muß der Ringraum grundsätzlich verfüllt werden. Dabei bieten sich folgende Vorteile:

- Verhinderung des Einsturzes der defekten Leitung
- Erzeugung eines Verbundsystems
- Fixierung und gleichmäßige Bettung des Inliners
- Auftriebssicherung beim Eindringen von Grundwasser in den Ringraum
- Kompensieren unterschiedlicher Wärmedehnungen
- Verfüllung vorhandener Hohlräume auch außerhalb der Leitungen.

Alle diese Vorteile lassen es ratsam erscheinen, diese Maßnahme in jedem Fall anzuwenden. Die Ausrüstung umfaßt folgende Spezialgeräte:

- Spiegelschweißeinrichtung mit Zentriervorrichtung
- Motorwinde
- Zugkopf
- Rollenböcke, Abstandshalter
- Pumpe für Ringraumverfüllung
- Schneid-, Bohr- oder Fräsgeräte zur Herstellung von Anschlüssen.

Der Personalbedarf ohne Berücksichtigung der Erdarbeiten liegt bei ca. 5 Personen. Über zu erwartende Arbeitsleistungen sind in der Literatur keine Angaben zu finden. Der Kostenaufwand beträgt je nach Randbedingungen zwischen 25 und 75 % dessen, was für eine Sanierung in offener Bauweise veranschlagt werden müßte. Mit steigender Anzahl von Anschlußkanälen und kürzer werdenden Haltungen wird das Verfahren unwirtschaftlich. Bei diesem Verfahren müssen die Hausanschlüsse gesondert wiederhergestellt werden. Bei allen Relining-Verfahren wird die Gewährleistungsfrist in der Regel nach VOB vereinbart. Druckprüfungen sind in jedem Fall nach Abschluß aller Arbeiten durchzuführen. Das Rohrstrang-Relining bietet folgende Vorteile:

- Einsetzbar für große Haltungslängen bis max. 700 m in Abhängigkeit von der örtlichen Situation.
- Einsetzbar bei Inlinern aus HDPE bis DN 1600
- Durchgehender geschweißter Rohrstrang (keine Rohrverbindungen)
- Rohrstrang kann vor dem Einsetzen kontrolliert und geprüft werden

- Der Inliner besitzt eine glatte Innenwand und ist im hohen Maße beständig gegen mechanische und chemische Angriffe
- Kurze Bauzeit
- Geringe Verkehrsbeeinträchtigungen.

Mögliche Nachteile sind:

- In Abhängigkeit von der Tiefenlage der Leitung sind relativ lange Einziehbaugruben erforderlich
- Im nicht begehbaren Nennweitenbereich aufwendige Wiederherstellung der Einbindungen von Anschlußkanälen
- Querschnittsreduzierung der zu sanierenden Leitung
- Versatz, Scherbenbildung, Deformationen oder Brüche der Leitung können den Einziehvorgang beeinträchtigen und unter Umständen den Inliner beschädigen
- Notwendigkeit der Ringraumverfüllung mit der Gefahr des Beugens des Inliners
- Einhalten eines exakten Gefälles besonders bei einem großen zu verfüllenden Ringraum ist schwierig
- Außerbetriebsetzen der zu sanierenden Leitung einschließlich der Anschlußkanäle für die Dauer der Sanierungsarbeiten.
- Wiederherstellung oder Erhöhung der statischen Tragfähigkeit
- Verkleinerung von Querschnitten bei überdimensionierten Leitungen.

Die Kurzübersicht ist in Anhang A, Tabelle 3, zu finden. Die Umfrageergebnisse zu diesem Verfahren sind in Anhang B, Bild 3, dargestellt.

#### 6.4.2 Kurzrohr-Relining

Mit diesem Verfahren lassen sich fast alle Schadensarten sanieren. Eine Ausnahme stellen lediglich Leitungseinbrüche dar. Der zu sanierende Rohrwerkstoff spielt keine Rolle. Die einzubindenden Kurzrohre sind an kein spezielles Rohrmaterial gebunden und damit weitestgehend an die unterschiedlichsten Querschnittsformen und Nennweiten anpassbar. Bei der Vielzahl der verwendeten Rohrmaterialien wurden dementsprechend viele Muffenverbindungen entwickelt, um für jeden Werkstoff optimale Kopplungs- und Dichtungselemente zu Verfügung zu haben. Durch die teilweise sehr feine Muffenkonstruktionen kann es zu

Schwierigkeiten bei der Dichtheit kommen /11/. Der Lastfall "Rohreinbau" ist bei der Muffenausbildung zu beachten.

Lassen es die Schachtabmessungen zu, nach Abnehmen des Schachthalses (Konus), die gewählte Einzelrohrlänge und das Arbeitsgerät in den Startschacht einzubringen, so braucht keine Startbaugrube ausgehoben werden. Beim Kurzrohr-Relining werden diskontinuierlich selbsttragende Einzelrohre in die zu sanierende Haltung eingebaut. In Abhängigkeit von den Beanspruchungen des Inliners werden folgende Varianten unterschieden /24/:

- Einziehverfahren
- Einschubverfahren
- Einfahrverfahren.

Es besteht die Möglichkeit, innerhalb einer Haltung die einzelnen Verfahren zu kombinieren. An den Rohren angebrachte Abstandshalter können bei Vorhandensein eines großen Ringraumes den Einbau erleichtern sowie die Lagesicherheit gewährleisten.

Der eigentliche Einbringvorgang wird mit einer Winde oder mit einem Greifzug vorgenommen. Das Rohr wird anschließend ausgerichtet und fixiert. Wie auch beim Rohrstrang-Relining wird nach Abschluß des Einbringvorganges der verbleibende Ringraum verfüllt. Werden bei Muffenverbindungen Elastomerdichtungen eingesetzt, ist beim Verfüllen darauf zu achten, daß der Injektionsdruck nicht zu hoch wird, da sonst Injektionsmittel in die Leitung eindringen kann. Als letzten Arbeitssgang werden Anschlußkanäle wieder hergestellt und der Stoß- und Endbereich ausgebildet.

Beim Einbau von Rohren mit zugkraftschlüssiger Verbindung wird ein konisch geformter Zugkopf auf das erste Rohr im Startschacht befestigt und mittels einer Winde um eine Rohrlänge in die Leitung gezogen. Nach Verbindung des nächsten Rohres wiederholt sich der Einziehvorgang (Bild 6.7).

Bei Kurzrohren, die nicht zugkraftschlüssig verbunden werden, wird das Zugseil durch die Rohre geführt und die Zugkraft über eine Druckplatte oder TraVERSE als Druckkraft mittels eines Greifzuges in den Rohrstrang eingeleitet (Bild 6.8).



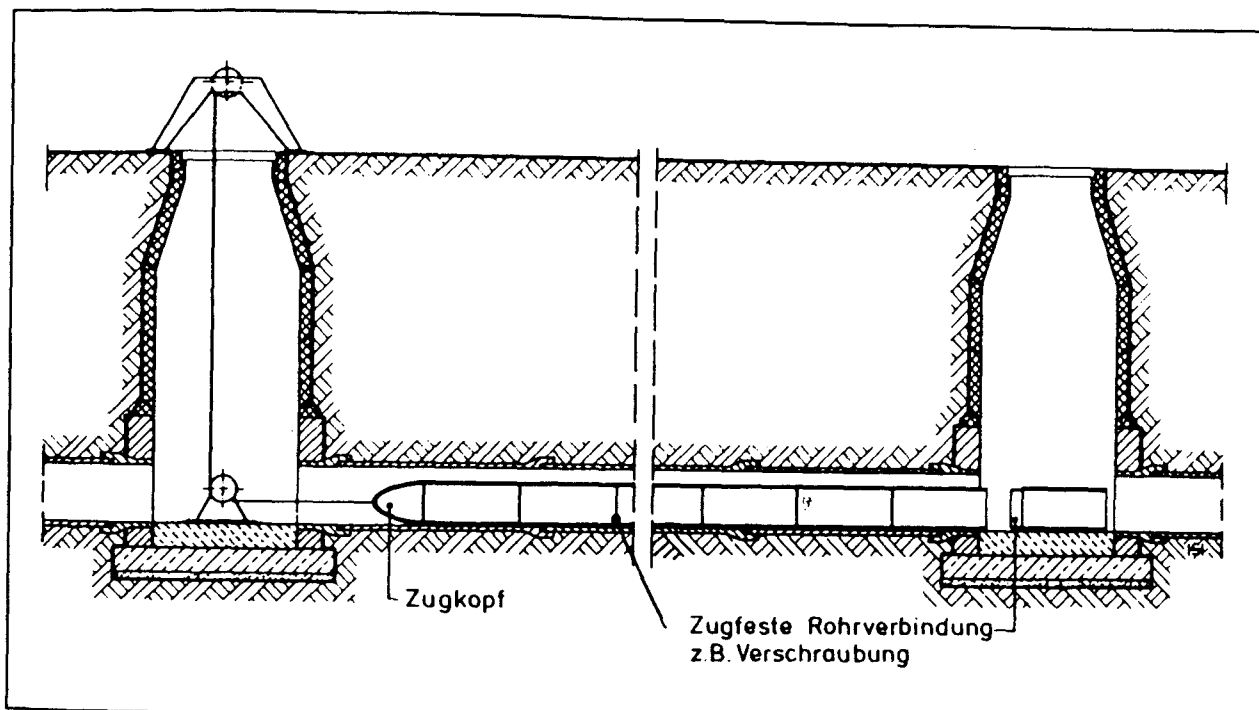


Bild 6.7 Einziehen eines Rohrstranges aus Kurzrohren mit zugkraftschlüssiger Verbindung

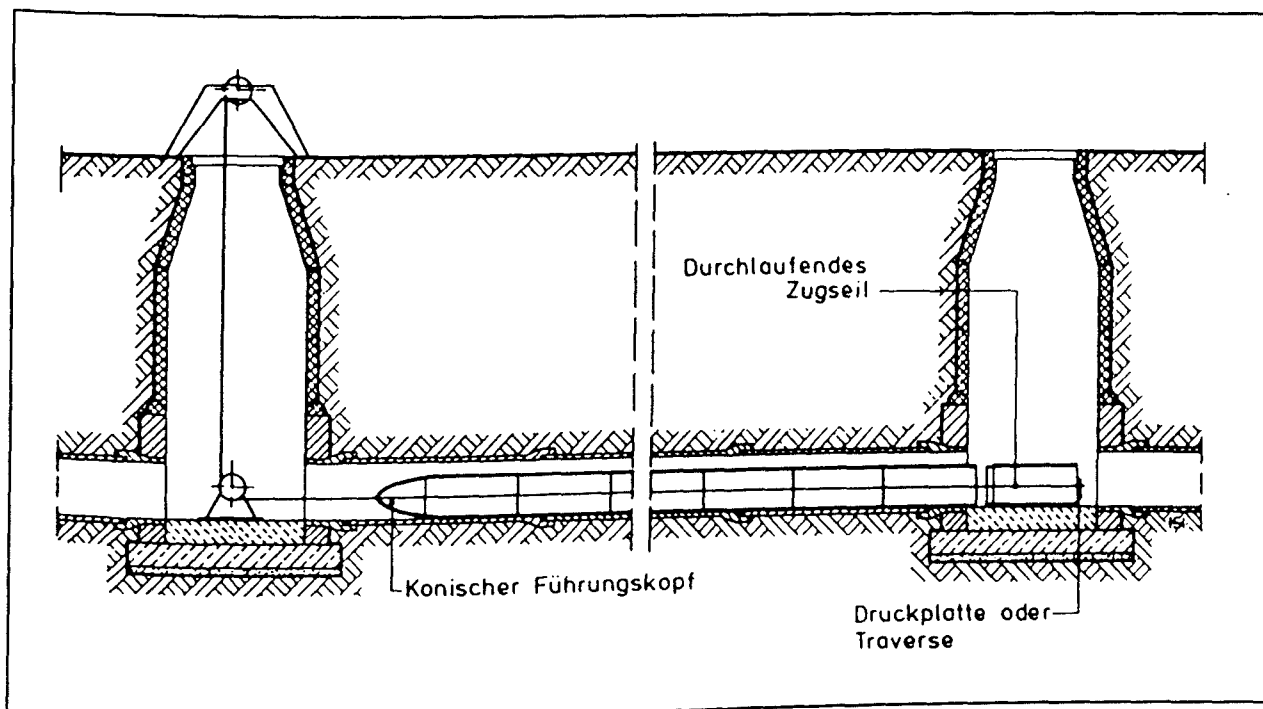


Bild 6.8 Einziehen eines Rohrstranges aus Kurzrohren mit nicht zugkraftschlüssiger Verbindung

Beim Einschubverfahren werden die Rohre im Startschacht verbunden und der sich so verlängernde Rohrstrang mit einer hydraulischen Presse jeweils um eine Rohrlänge in die zu sanierende Rohrleitung eingeschoben. Das Einfahrverfahren wird nicht näher behandelt, da es überwiegend in begehbaren Kanälen zum Einsatz kommt.

Die Arbeitsleistung, die erzielt werden kann, streut sehr stark. Nach Wille & Höglund können bei guten Baustellenbedingungen bis zu 50 m mit bis zu fünf Anschlußkanälen der unterschiedlichsten Form und Größe pro Tag saniert werden. Allgemeine Aussagen über den Personalbedarf und zur Ausrüstung sind nicht möglich, da z.B. Einbringverfahren, Rohrnennweiten, -werkstoffe und -verbindungen, Haltungslängen sowie Art und Anzahl der wieder einzubindenden Anschlußkanäle diese wesentlich beeinflussen. Bild 4 in Anhang A ist zu entnehmen, daß sich die Kosten für die Sanierung auf ca. 40 - 80 % der Kosten einer Neuverlegung belaufen.

Neben den beim Rohrstrang-Relining unter den Positionen 6 bis 9 genannten Vorteilen, bietet das Kurzrohr-Relining unabhängig von der Einbindeart weitere generelle Vorteile, wie:

- Keine oder nur kurze Baugruben erforderlich; damit verbunden Reduzierung der Erdarbeiten und Verkehrsstörungen
- Weitergehende Unabhängigkeit von Rohrwerkstoffen, -nennweiten und -querschnittsformen
- Einfachere Wiedereinbinden der Anschlußkanäle durch Einbringen entsprechend präparierter Einzelrohre
- Besonders geeignet für kurze zu sanierende Haltungslängen.

Zusätzlich zu denen in Kapitel 6.3.3.1 unter den Position 2 - 6 genannten Nachteilen sind hier noch folgende zu nennen:

- Große Anzahl von Rohrverbindungen
- Ringraumverfüllung erfordert in Abhängigkeit von der Art der Rohrverbindung und der Inliner-Querschnittsform erhöhte Sorgfalt bei der Festlegung und Kontrolle des Injektionsdruckes
- Erhöhter Zeit- und Kostenaufwand gegenüber dem Rohrstrang-Relining.

Kurzinformationen sind Anhang A, Tabelle 5, zu entnehmen. Die Umfrageergebnisse sind in Anhang B, Bild 5, aufgetragen.

### 6.4.3 Wickelrohr-Relining

Das Anfang der achtziger Jahre entwickelte RIB-LOC-Relining-System (Expander Pipe) gehört zu den weniger bekannten Sanierungsmethoden, die sich derzeit auf dem Markt befinden. Es basiert auf PVC-hart-Stegprofilen, die innerhalb des Einstiegkanals kontinuierlich durch eine spezielle Wickelmaschine zu einem Rohr geformt werden.

Der Verbund der Rohrbindung erfolgt durch zwei auf der gesamten Berührungsfläche durchlaufende Schnappverschlüsse. Durch Auftragen eines Klebers in den Verbindungsbereich wird die Wasserdichtheit bei der Herstellung gewährleistet. Die verwendeten Materialien sind Kunststoffe, die je nach Gegebenheiten den äußeren Randbedingungen angepaßt werden können. Es lassen sich so Querschnittsgrößen von 75 bis 2600 mm herstellen, wobei die Querschnittsform und die zu sanierenden Rohrwerkstoffe keine Rolle spielen. Das Verfahren ist bei allen Schäden mit Ausnahme von Leitungseinbrüchen einsetzbar. Die Vorarbeiten sind mit denen des Rohrstrang-Relinings identisch, wobei auf Baugruben verzichtet werden kann.

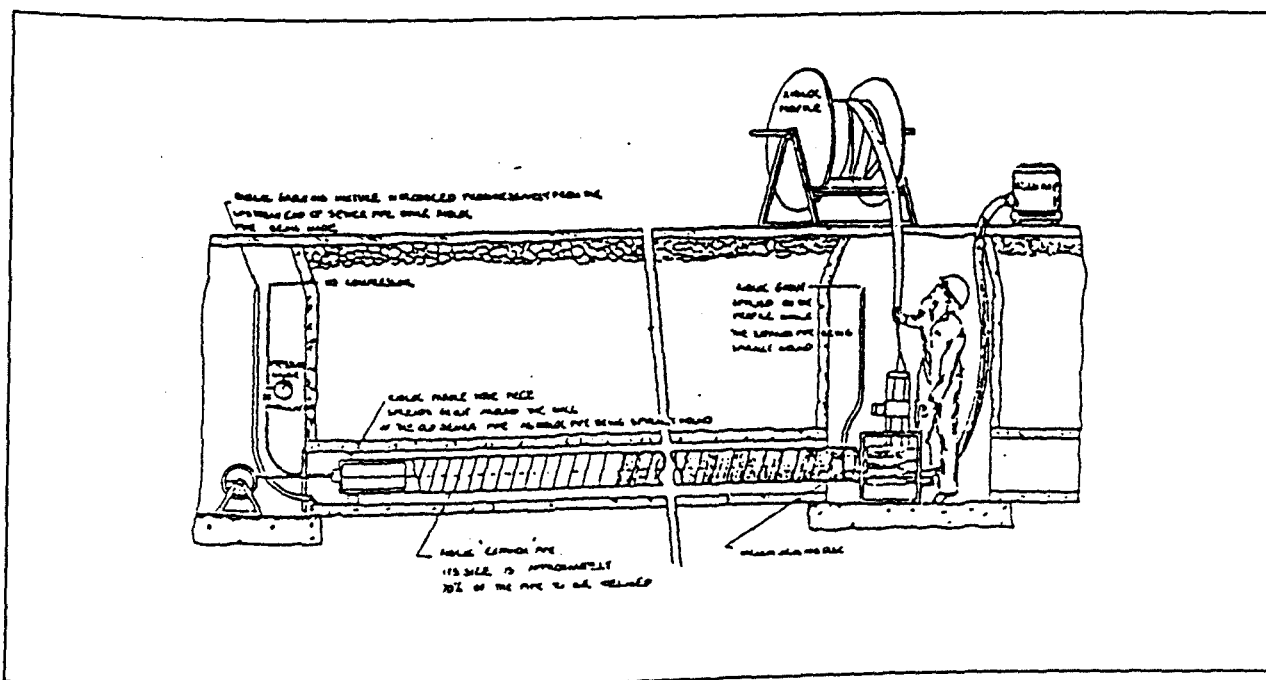


Bild 6.9 Herstellung des Spiralrohres

Die Wickelmaschine wird im Einstiegschacht so montiert, daß Achsengleichheit mit dem zu sanierenden Rohr besteht. Das RIB-LOC-Profil wird von einer in Schachtnähe aufgestellten Rolle abgespult, in der Wickelrohrmaschine geformt und mit Hilfe einer Zugvorrichtung in die Haltung gezogen. Der Inliner wird ca. 50 cm kleiner als der zu sanierende Kanal hergestellt. Hat das Rohr den Zielschacht erreicht, wird der Inliner "schraubend" auf den maximalen Durchmesser aufgedreht.

Während des Relining-Prozesses wird der Ringraum mit Schaumbeton verfüllt. Die umlaufenden T-Stege befördern das Material somit durch den gesamten Ringraum. Nach dem Aufweiten des RIB-LOC-Rohres ist sichergestellt, daß alle Hohlräume voll verfüllt sind, sogar Risse oder Bruchstellen bei alten Leitungen. Nach Beendigung der Verfüllarbeiten werden eine Druckprüfung durchgeführt und die Anschlüsse wiederhergestellt.

Der Kostenaufwand bei diesem Verfahren liegt bei ca. 40 - 50 % dessen, was man für eine Erneuerung des Kanals veranschlagen müßte. Nach Herstellerangaben kann ein Wickelrohr mit DN 300 und einer Länge von 17 m innerhalb von 3 Minuten erstellt werden. Andere Angaben sind dahingehend, daß nach Beendigung der Vorarbeiten für einen Schacht maximal 2 Stunden angesetzt werden müssen, wobei die Herstellung von Hausanschlüssen in dieser Zeit ausgenommen ist /25/.

Die Rohre lassen sich den durch Werkstoffwahl und Wahl der T-Stege den statischen Erfordernissen anpassen. Die Vorteile dieses Verfahrens entsprechen denen in Kapitel 6.3.3.1, unter Position sechs, sieben und neun aufgeführten Punkten. Die Nachteile dieses Verfahrens lassen sich im gleichen Kapitel, den unter Position zwei bis sechs genannten Punkten, entnehmen. Die Kurzübersicht ist im Anhang A, Tabelle 6, dargestellt. Umfrageergebnisse liegen zu diesem Verfahren nicht vor.

#### 6.4.4 Schlauch-Relining

Das Schlauch-Relining-Verfahren ist laut Tabelle 6.1 die am häufigsten verwendete Methode im Bereich der Relining-Verfahren. Im Gegensatz zum Rohr-Relining wird bei dieser Methode ein vorkonfektioniertes, kunstharzgetränktes Trägermaterial (z.B. Gewebeschlauch) in die zu sanierende Haltung eingebracht

und unter Druck an die Rohrrinnenwand gepreßt, wo es dann zum "Insitu-Rohr" aushärtet. Nach der Art der Erhärtung unterscheidet man zwischen:

- Insituform-Verfahren
- Copeflex-Verfahren
- KM-Inliner-Verfahren.

Das Insituform-Verfahren stellt die Urform dieser Sanierungsmethoden dar und wird deshalb näher beschrieben. Der Einsatzbereich ist bei allen Rohrwerkstoffen und Schadensarten gegeben. Leitungseinbrüche können mit dieser Methode nicht saniert werden. Es lassen sich alle Querschnittsgrößen und -formen herstellen. Die Auswahl der Harze müssen den chemischen, biologischen und physikalischen Beanspruchungen angepaßt werden.

Vor Beginn der Arbeiten ist der Kanal außer Betrieb zu setzen, eventuell. Abflußhindernisse sind zu entfernen, das Rohr ist gründlich zu reinigen und eventuell. fehlende Wandbereiche sind vorab zu ersetzen /11/. Der Schlauch wird noch im Werk vorkonfektioniert und mit dem Harz getränkt, wobei darauf zu achten ist, daß keine Luftblasen im Harz eingeschlossen werden. Der Schlauch besteht aus ca. 85 % Harz und 15 % Polyesterfasern. Er wird in einem Kühlwagen zur Baustelle transportiert. Der Schlauch wird umgestülpt, so daß die Innenseite nach außen kommt. Der kunsthartzetränkte Filzschlauch wird nun durch ein Inversionsrohr, welches vorher im Startschacht installiert wurde, geführt (Bild 6.10).

Durch Füllen des Inversionsrohres mit kaltem Wasser, beginnt sich der Schlauch mit einer Geschwindigkeit von 2 bis 4 m/min in die Haltung zu stülpen. Durch die aufgebrachte Wassersäule bewegt sich der Schlauch in der Leitung vorwärts und gleichzeitig wird das Material durch den Innendruck aufgrund seiner Dehnfähigkeit an die Rohrwandung gepreßt. Ist das Inversionsende am Zielschacht angelangt, wird unter Aufrechterhaltung des Wasserdruckes die Aushärtereaktion des Harzes eingeleitet. Das sich in der Leitung befindende Wasser wird umgepumpt und je nach Aushärtungstyp auf 60 bis 90° C erwärmt. Nach dem Aushärten wird das Inversionsrohr entfernt und die Anschlüsse wiederhergestellt. Andere Verfahren zur Aushärtung sind die Licht- oder Kalthärtung.

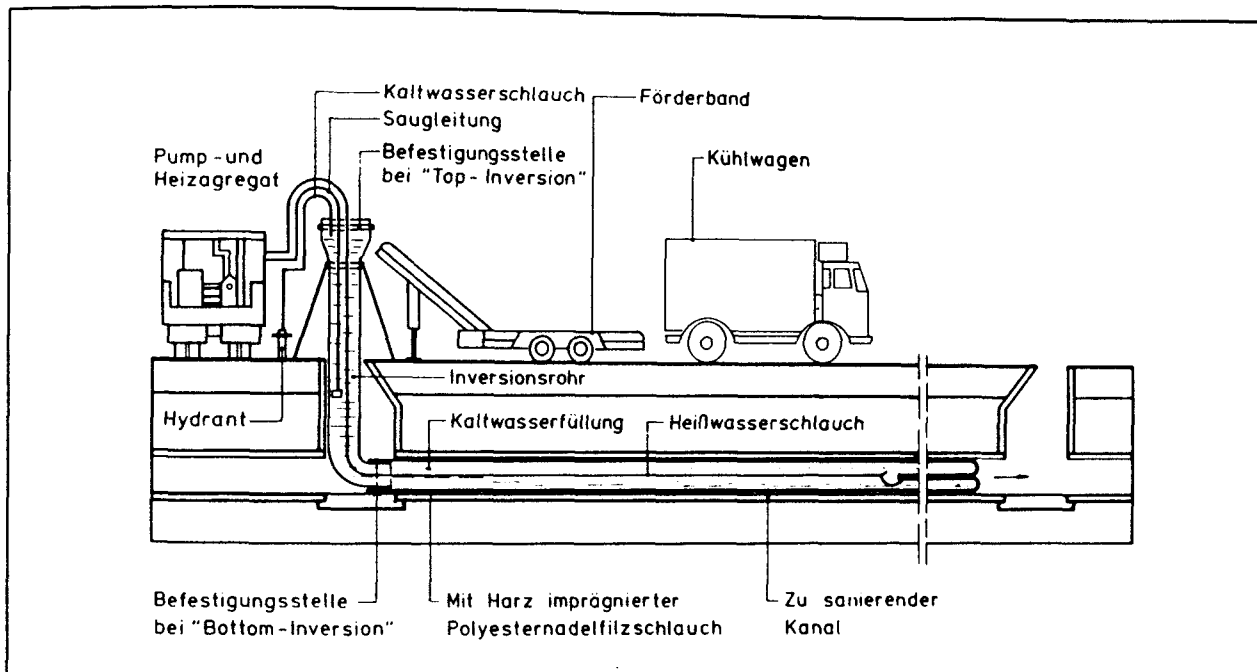


Bild 6.10 Prinzipskizze des Insituform-Verfahrens

Die Ausführungszeit einer Baumaßnahme ist relativ unabhängig von der Länge einer Haltung. Sie beträgt pro Abschnitt zwischen ein bis drei Arbeitstagen, bei einem Personalbedarf von drei bis vier Arbeitern. Die Kosten dieser Sanierungsmethode belaufen sich auf ca. 20 - 50 % dessen, was für eine Neuverlegung an Kapital benötigt würde. Die Ausrüstung umfaßt im wesentlichen:

- Kühlwagen
- Förderband
- Pump und Heizagregat
- TV-Einrichtung mit Bohr- und Fräsiroboter zur Wiederherstellung der Hausanschlüsse.

Die Vorteile des Insituform-Verfahrens sind:

- Kurze Bauzeit
- Die Arbeiten können von den vorhandenen Einstiegschächten aus durchgeführt werden (keine Erdarbeiten erforderlich)
- Unabhängig von Rohrwerkstoff und Querschnittsform
- Anwendbar in einem großen Nennweitenbereich und Haltungslängen von 300 m und mehr

- Anpassbar an unterschiedliche chemische Angriffe durch Auswahl des Kunstharzes
- Abwicklungen, Krümmungen und Deformationen der Leitungen sind verfahrenstechnisch unkritisch
- Keine Ringraumverfüllung erforderlich
- Geringe Querschnittsreduzierung im Vergleich zum Rohr-Relining
- In Abhängigkeit von der gewählten Wandstärke des Inliners wird die statische Tragfähigkeit der sanierten Leitung erhöht.

Als Nachteile sind zu nennen:

- Außerbetriebsetzen der zu sanierenden Leitung einschließlich der Anschlußkanäle
- Bei kurzen Haltungen ist der Kostenanteil für Geräteeinsatz und Baustelleneinrichtung sehr hoch
- Faltenbildung des Inliners bei Abwicklungen und Krümmungen
- Verbund zwischen Insituform-Rohr und zu sanierender Leitung kann nicht gewährleistet werden
- Bei zu langer Zwischenlagerung, selbst im Kühlfahrzeug, wird die Qualität des Harzes gemindert
- Die Herstellung der dichten Einbindung von Anschlußkanälen ist im nicht begehbaren Nennweitenbereich noch nicht befriedigend gelöst
- Bei Ansammlung von überschüssigem Harz im Anschlußbereich kann das nachträgliche Öffnen problematisch sein
- Gefahr der Blasenbildung bei punktuellm Ansammeln von überschüssigem Harz
- Da die Steifigkeit des Inliners sehr stark von der Kreisform abhängt, führen Abweichungen von der Form zu statischen Einschränkungen. Das Gleiche gilt, falls der Inliner größere fehlende Randwandungsbereiche überbrückt. In Verbindung mit dem Aushärtungsvorgang des Harzes schwindet der Schlauch und bildet Ablösungen.

Kurzinformationen zu diesem Verfahren siehe Anhang A, Tabelle 7. Die Umfrageergebnisse sind in Anhang B, Bild 6, zu finden.

## 6.5 Montageverfahren

Auf die Montageverfahren wird im weiteren Verlauf nicht näher eingegangen, da sie ausschließlich in begehbaren Querschnitten zum Einsatz gelangen. Nähere Informationen zu diesen Erneuerungsmethoden lassen sich in /11/ finden.

## 6.6 Erneuerungsverfahren in geschlossener Bauweise

Unter Erneuerung versteht man nach ATV Arbeitsblatt M 143 /7/ "Maßnahmen zur Herstellung neuer Kanalisationen, welche die Funktion der alten Außerbetriebgenommenen übernehmen, wobei unter Umständen das Abflußvermögen erhöht werden kann. Dies kann an derselben Stelle durch Auswechslung (Substanzzerstörung) oder an anderer Stelle (Substanzaufgabe) durchgeführt werden". Die Erneuerungsverfahren bieten gegenüber den Instand- und Sanierungsverfahren den Vorteil, daß Querschnittsreduzierungen nicht in Kauf genommen werden müssen. Bei der Erneuerung wird unterschieden nach

- offener Bauweise
- geschlossener Bauweise.

Die Erneuerung in offener Bauweise wird nicht näher untersucht. Bei der Erneuerung in geschlossener Bauweise erfolgt die Auswechslung der defekten Leitungen unterirdisch, d.h. ohne Herstellung von offenen Gräben. Dabei unterscheidet man folgende Verfahren:

- Bergmännischen Stollen- und Tunnelvortrieb mit Getriebezimmerung
- Schildvortrieb
- Rohrvortrieb
- Berstverfahren.

Um die erforderlichen Arbeiten ausführen zu können, sind Start- und Zielbaugruben erforderlich. Wie aus Tabelle 6.1 zu entnehmen ist, kommen solche Verfahren nur selten zur Anwendung, denn im allgemeinen wird versucht, die vorhandene Bausubstanz zu erhalten. Die einzige in der Umfrage genannte Erneuerungsmethode ist das Berstverfahren. Dieses wird im weiteren näher beschrieben.



### 6.6.1 Berstverfahren

Der Grundgedanke beim Berstverfahren ist mit einem Verdrängungskörper, der mit Hilfe eines Zugseiles durch die defekte Leitung gezogen wird, die Rohrwandung zu zerstören und in den anstehenden Boden zu verdrängen. Gleichzeitig wird eine neue Rohrleitung gleicher oder größerer Nennweite eingebaut. Das Prinzip verdeutlicht Bild 6.11.

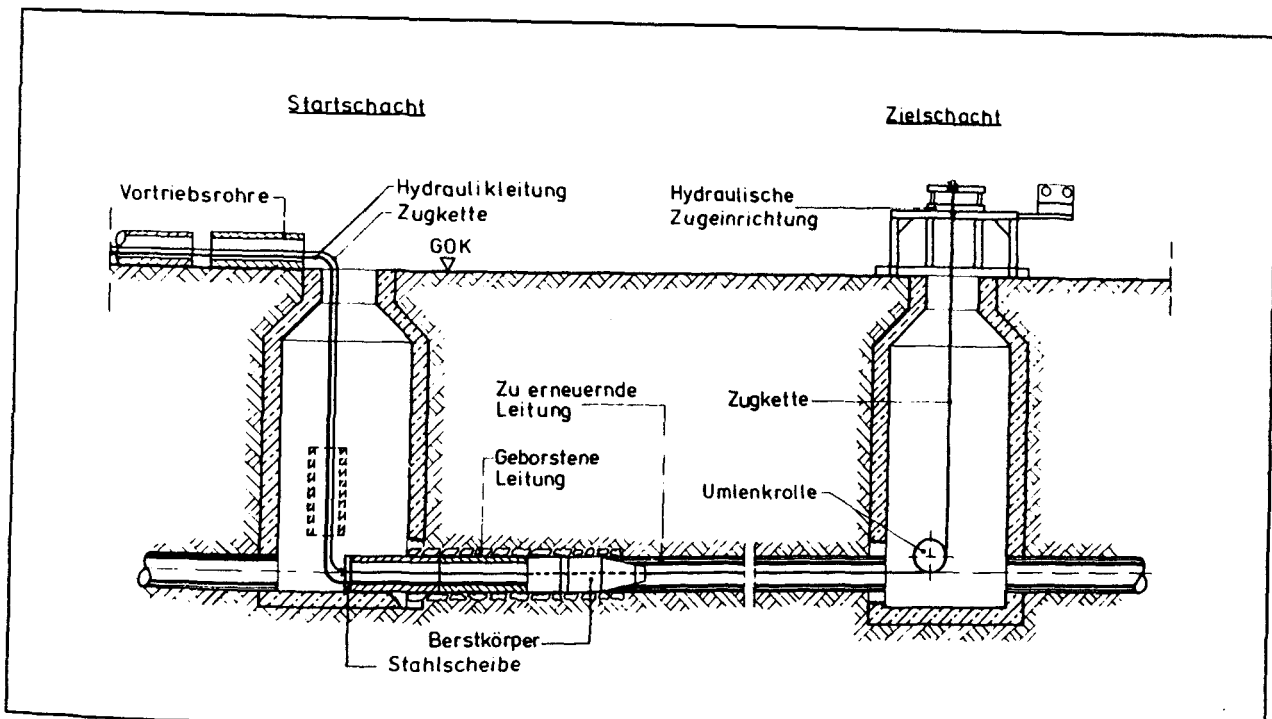


Bild 6.11 Schematische Darstellung des Berstlining-Verfahrens

Voraussetzungen für den Einsatz dieses Erneuerungsverfahrens sind kreisförmige Rohrquerschnitte, möglichst spröde Rohrwerkstoffe wie z.B. Steinzeug und unbewehrter Beton, verdichtungsfähiger Boden, Grundwasserstände unterhalb der Leitungssohle sowie geradlinige Haltungsverläufe. Es lassen sich Rohrquerschnitte im Nennweitenbereich von DN 75 bis DN 400 sanieren /26, 11/.

Vor der Erneuerung sind die Leitungsstrecke und die Anschlußkanäle abzutrennen. Der Berstvorgang kann entweder mit dynamischer oder statischer Krafteinleitung erfolgen. Im Weiteren wird das statisch arbeitende Berstverfahren beschrieben, daß folgende Vorteile gegenüber dem dynamischen Verfahren bietet:

- Keine Erschütterung oder Lärmbelästigung
- Keine unkontrolliert vorseilenden Zerstörungen

- Keine ungewollte Verdichtung des Bodens im Bereich der Leitungszone in Verbindung mit Setzungen der Straßenoberfläche bzw. benachbarten Leitungen.

Berstkörper und Rohrstrang werden von einer über dem Startschacht positionierten, hydraulisch arbeitenden Zugvorrichtung diskontinuierlich durch die Leitung gezogen. Der verwendete Berstkörper besteht aus drei Teilen, die miteinander gelenkig verbunden sind. Die beiden vorderen konischen Teile bestehen jeweils aus einem Mantel, der in mehrere einzelne Elemente unterteilt ist und in radialer Richtung beweglich ist. Durch die Konizität wird das Einziehen des ersten Teiles in die Leitung ermöglicht. Der hintere Geräteteil besteht aus einem glatten Stahlzylinder, dessen Außendurchmesser dem der neuen Leitung entspricht. Er ist entsprechend größer, als der Innendurchmesser der zu sanierenden Leitung.

Im ersten Arbeitsschritt wird der Berstkörper bis zum Festsitzen in die Hal tung eingezogen. Der Aufweitmechanismus wird ausgelöst, wodurch die Einzel- elemente des Mantels radial nach außen gedrückt werden. Das Bersten der alten Leitung bei gleichzeitiger Verdrängung der Rohrreste in den anstehenden Boden wird so bewirkt. Das neue Rohrstück wird angekoppelt, der Hydraulikzylinder zurückgefahren und der Berstkörper wiederum bis zum Festsitzen vorwärts gezo- gen. Die Arbeitsschritte werden solange wiederholt bis die Leitung vollstän- dig eingezogen ist. Nach Beendigung dieser Arbeiten ist eine Druckprüfung durchzuführen. Abschließend sind die Anschlüsse wiederherzustellen.

Die Einsatzgrenzen des Berstverfahrens sind zu Zeit noch nicht abzuschätzen /26/. Diese festzustellen bzw. durch maschinentechnische Modifikationen zu erweitern, muß Ziel künftiger Forschungsarbeiten sein. Auswirkungen auf die nähere Umgebung sind nicht ausgeschlossen. Weiter Angaben dazu können /11/ entnommen werden. Allgemeingültige Angaben über Personal-, Kosten- und Gerä- teaufwand können nicht gemacht werden, da sich dieses Verfahren erst in der Praxis bewähren muß. Vorteile dieses Verfahren sind:

- Geringerer Kostenaufwand als bei der Erneuerung in offener Bauweise
- Keine Erhöhung der Kosten in Abhängigkeit von der Verlegungstiefe
- Keine Querschnittsreduzierungen
- Wiederherstellung oder Erhöhung der statischen Tragfähigkeit
- Geringe Verkehrsbeeinträchtigungen.

Als Nachteile sind Aufzuführen:

- Beeinträchtigungen der Umgebung der Leitungstrasse
- Bisläng nur wenig Erfahrungen in der Praxis vorhanden
- Aufwendige Wiederherstellung der Anschlüsse
- Höhere Kosten im Vergleich zum Relining-Verfahren.

Die Kurzübersicht über dieses ist im Anhang A, der Tabelle 8, zu entnehmen. Umfrageergebnisse liegen zu diesem Verfahren nicht vor.

## 6.7 Zusammenfassung und Ausblicke

Wie der Überblick über die Verfahren gezeigt hat, ist es möglich, je nach Schadensart und -umfang sowie entsprechend den vorliegenden Randbedingungen, eine geeignete unterirdische Instandsetzungs-, Sanierungs-, oder Erneuerungsmethode zu wählen.

Während Instandsetzungsverfahren nur bei örtlich begrenzten Schäden angewendet werden, bauen die Sanierungsverfahren auf einer nachträglichen durchgehenden Innenbeschichtung oder Auskleidung der Rohre unter Beibehaltung der Leitungssubstanz auf. Da diese beiden Verfahren mit Nennweitenreduzierungen einhergehen, die die hydraulische Leistungsfähigkeit beeinträchtigen, können sie nicht in jedem Fall eingesetzt werden. In einer solchen Situation muß dann auf die Leitungserneuerung zurückgegriffen werden. Sie erlaubt die Herstellung neuer Kanäle mit größeren Querschnitten als die der zu sanierende Leitung.

Kommen Erneuerungsverfahren im Schildvortrieb zum Einsatz, bei denen die alte Leitung überbohrt wird, so lassen sich zusätzlich zur eigentlichen Sanierung kontaminierte Böden im Bereich der Leitungszone entfernen. Der Trend führt zu den Erneuerungsverfahren in geschlossener Bauweise, nicht zuletzt wegen der kosten- und betriebsbedingten Vorteile gegenüber den Sanierungsverfahren in offener Bauweise /11/.

Alle Verfahren weisen Vor- und Nachteile sowie Einsatzbeschränkungen auf. Es gibt kein Universalverfahren, das unter allen möglichen Randbedingungen gleichermaßen technisch und wirtschaftlich sinnvoll einsetzbar ist. Die Schwierig-

rigkeiten der behandelten Verfahren nehmen mit steigender Anzahl von Anschlußkanälen innerhalb einer Haltung erheblich zu. Auf die Problematik der Wiederherstellung von Anschlußkanälen und Hausanschlüssen wurde nicht näher eingegangen. Sie stellt aber eines der Kernpunkte bei der Kanalsanierung dar. Der Entwicklung geeigneter Methoden zu diesem Themenkreis muß daher in Zukunft die gleiche Aufmerksamkeit geschenkt werden, wie der Entwicklung von Sanierungsstrategien. Weiterführende Angaben zum diesem Themenkomplex sind in /11/ nachzulesen.

Unter all diesen Gesichtspunkten ist es oftmals unmöglich, unterirdische Sanierungsverfahren einzusetzen, so daß dann nur eine Erneuerung in offener Bauweise in Frage kommt. Bei allen Maßnahmen der Schadensbehebung werden in den seltensten Fällen die Anschlußkanäle bzw. Hausanschlüsse mit in die Sanierungsstrategie einbezogen, obwohl sie mit ca. 600000 km Leitungslänge das größte Gefährdungspotential für die Umwelt darstellen.

## **7 HINWEISE ZU WEITERGEHENDEN EINSATZMÖGLICHKEITEN EINES KANALROBOTERS**

Für den Molch können grundsätzlich alle Instrumentierungen vorgesehen werden, die für Rad- oder Raupengetriebene Kanalroboter bereits im Einsatz sind. Die spezielle Antriebstechnik eröffnet darüberhinaus noch andere Möglichkeiten.

### **7.1 Laufende Dichtigkeitsprüfung**

Durch die beiden Blasebälgen wird im Verlaufe der Vorwärtsbewegung kurzfristig ein abgeschlossenes Volumen erzeugt. Wenn es gelingt, in diesem Volumen schnell einen Über- oder Unterdruck zu erzeugen und mittels empfindlicher Druckaufnehmer den Druckabfall zu kontrollieren, so wäre eine laufende Dichtigkeitsprüfung während der eigentlichen Kanalinspektion möglich. Sie könnte die gewünschte qualitative Ergänzung für die sonst nur quantitativ feststellbaren Schäden sein. Als Medium für die Druckprüfung kommen grundsätzlich sowohl Wasser als auch Luft in Frage. Angaben zur Aussagekraft der so gewonnenen Ergebnisse müssen Versuche liefern.

## 7.2 Räumen und Sanieren lokaler Rohreinbrüche

Kanalrobotern üblicher Bauart ist es nicht möglich, lokal begrenzte Rohreinbrüche zu räumen. Es ist in solchen Fällen stets erforderlich, den Schaden in offener Bauweise zu beheben. Denkbar ist es, solche Bereiche mit einem Hochdruck-Wasserstrahl zu räumen und in einem nachfolgenden Arbeitsschritt zu sanieren. Der Einsatz eines Hochdruck-Wasserstrahls wird bei einem Molch möglich, da durch die beiden Bälge das erforderliche Widerlager geschaffen wird. Der Druck des Wasserstrahls muß so ausgelegt werden, daß der in den Rohrquerschnitt eingedrungene Boden beseitigt wird, die Wandung der Rohre jedoch unversehrt bleibt. Ein Problem können in diesem Zusammenhang die im Rohr befindlichen Scherben sein. Die Eignung des Verfahrens ist in geeigneten Versuchen nachzuweisen.

In einem folgenden Arbeitsschritt kann einer der Bälge genutzt werden, um das zerstörte Rohr zu verdrängen. Über die dazu erforderlichen Drücke müssen Versuche Aufschluß liefern, da in der Literatur keine entsprechenden Angaben zu finden sind. Es ist zu erwarten, daß diese Drücke über dem für eine Fortbewegung des Molches erforderlichen Druck liegen und eine Vorwärtsbewegung im Verdrängungsbereich möglich ist. Eine Bestätigung dieser Erwartung können nur Versuche liefern. Weiter ist zur Zeit die Frage offen, wohin die verdrängten Rohrteile gedrückt werden. Im letzten Arbeitsschritt wäre ein neues Rohrstück zum Beispiel mit einem Spritzbetonkopf herzustellen. Die entstehenden Übergänge können durch Injektionen abgedichtet werden.

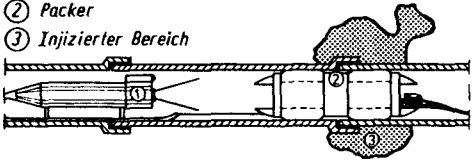
## 8 LITERATUR

- /1/ Statistisches Bundesamt: Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung. In: Fachreihe 19, Reihe 2.1, Verlag W. Kohlhammer GmbH Stuttgart und Mainz, 1987
- /2/ Koch, G.: Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen - Technische Möglichkeiten -. Berichte der ATV, Heft 36, S. 115-125, 1986
- /3/ Stein, D.: Dichte Abwasserkanäle - Ursachen von Undichtigkeiten und Möglichkeiten ihrer Behebung. Berichte der ATV, Heft 37, S. 25-47, 1986

- /4/ Undichte Kanalisationen; ein kommunales Problemfeld der Zukunft aus der Sicht des Gewässerschutzes. Zeitschrift für angewandte Umweltforschung, Jahrgang 1, Heft 1, S. 65 ff., 1988
- /5/ Imhoff, K. R.: Gefahr für das Grundwasser durch undichte Abwasserkanäle? Korrespondenz Abwasser, Heft 4, S. 306-307, 1987
- /6/ DIN 4033: Betonrohre nach DIN 4032; Leitsätze für die Ausführung von Betonrohrleitungen (04.40/41)  
DIN 4033: Entwässerungskanäle und -leitungen; Richtlinien für die Ausführung (11.79)  
DIN 4279: Innendruckprüfung von Druckrohrleitungen für Wasser; Teil 1 bis 9 (11.75), Teil 10 (11.77)  
DIN 31051: Instandhaltung; Begriffe und Maßnahmen (03.82)
- /7/ ATV: Abwassertechnische Vereinigung e. V. St. Augustin  
ATV M 139: Richtlinien für die Herstellung von Entwässerungskanälen und -leitungen (Entwurf 07.86)  
ATV M 143: Grundlage für die Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Entwässerungskanälen und -leitungen
- /8/ Neues Hausanschluß - Fernseh - Untersuchungs- und Sanierungssystem. Tiefbau Ingenieurbau Straßenbau (TIS) 28, Heft 2, S. 50 ff., 1986
- /9/ Stein, D.: Leckortung in Kanälen. Wasser, Abwasser, Abfall, Serie 80, Heft 5, S. 217-229, 1989
- /10/ Weil, G.: Remote infrared thermal sensing of sewer voids, four-year update. In: Proc. No-DIG '88, Paper 58, 1988
- /11/ Stein, D.; Niederehe, W.: Instandhaltung von Kanalisationen. Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1987
- /12/ Firmeninformation der Herrmann Severin GmbH, Gütersloh
- /13/ Stein, D.: Undichte Kanalisationen - Was kommt auf die Kommunen zu? In: Boden-/Grundwasser-Forum Berlin 1988. Erich Schmidt Verlag, Berlin, Serie 87, Heft 3, S. 351-364, 1988
- /14/ Niederehe, W.; Bruns, P.; Bockermann, K.: Dokumentation von Verfahren zur Schadensbehebung an Entwässerungskanälen und -leitungen. Dokumentation und Schriftenreihe aus Wissenschaft und Praxis. ATV, Heft 25, 1990
- /15/ Keding, M.; van Riesen, S.; Esch, B.: Der Zustand der öffentlichen Kanalisation in der Bundesrepublik Deutschland. "Ergebnisse der ATV-Umfrage 1990". Korrespondenz Abwasser, Band 36, Heft 10, S. 1148-1153, 1990
- /16/ Rudolf, R.: Praktische Erfahrungen bei der Sanierung von Abwasserkanälen. Berichte der ATV, S. 127-137, 1985

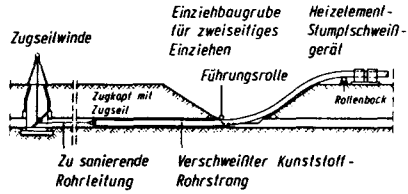
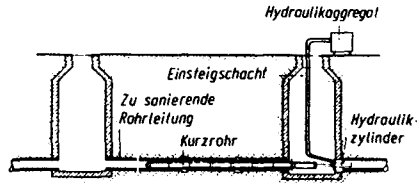
- /17/ Kanalsanierung: Glas hält dicht. ENTSORGA-Magazin, 9. Jahrgang, Heft 1/2, S. 20-23, 1990
- /18/ Haendel, H.: Geeignete traditionelle Werkstoffe für Sanierung, Erneuerung und Neuverlegung von Kanalisationen. In: Boden-/Grundwasser-Forum Berlin 1988. Erich Schmidt Verlag, Berlin, Serie 87, Heft 3, S. 259-269, 1988
- /19/ Graf, M.: Dichtigkeitskontrolle und Sanierung bestehender Anschluss- und Grundleitungen. In: Internationaler Kongress Leitungsbau Hamburg 1987. Band I, Kap. 1.4, EWPCA, St. Augustin, S. 47-58, 1987
- /20/ Godehardt, M.: Schadenserfassung von Abwasserkanälen und deren Beurteilung am Beispiel der Stadt Giessen. In: Internationaler Kongress Leitungsbau Hamburg 1987. Band II, Kap. 6.3, EWPCA, St. Augustin, S. 35-47, 1987
- /21/ Brockmann, K.; Brune, P.: Ergebnisse einer Umfrage zur Anwendung von Verfahren zur Schadensbehebung in Kanalisationen. Korrespondenz Abwasser, Band 36, Heft 12, S. 1358-1366, 1990
- /22/ Dammann, P.: Sanierung korrodierter Abwasserrohre. 'Ausgeführte Beispiele aus Hamburg'. Vortrag im Haus der Technik, Essen, 1985
- /23/ DVGW, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches E. V., Eschhorn  
DVGW W 307: Richtlinie für das Verfüllen des Ringraumes zwischen Druckrohr und Mantelrohr bei Wasserleitungskreuzungen mit Bahngelände (09.77)
- /24/ Stein, D.; Niederehe, W.; Zäschke, W.: Verfahren zum nachträglichen Einbringen von Produktrohren in unterirdische nichtbegehbare Hohlräume. In: Taschenbuch für den Tunnelbau 1984, Verlag Glückauf, Essen, S. 249-296, 1983
- /25/ John, H. -J.: Neuartige Systeme zur unterirdischen Sanierung defekter Abwasserleitungen. In: Internationaler Kongress Leitungsbau Hamburg 1987. Band II, Kap. 6.7, EWPCA, St. Augustin, S. 217-227, 1987
- /26/ Stein, D.; Möllers, K.; Niederehe, W.: Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen unter besonderer Berücksichtigung des Berstverfahrens. Korrespondenz Abwasser, Band 33, Heft 12, S. 1202-1206, 1986


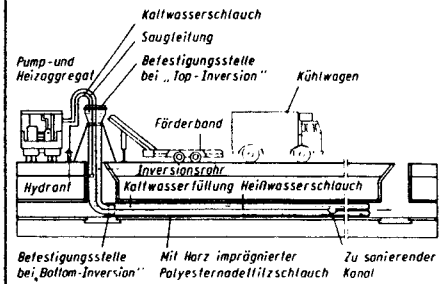
## ANHANG A

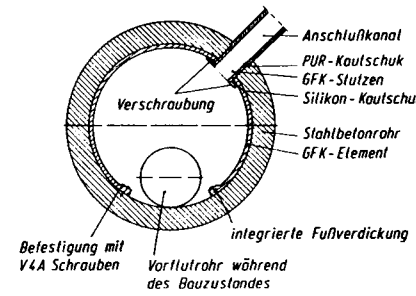
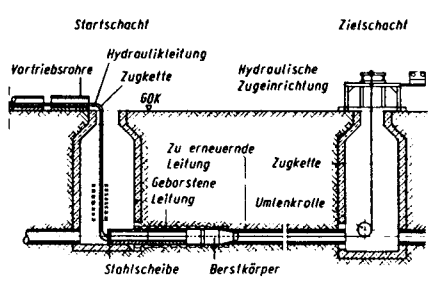
Verfahren		Instandsetzung Injektionsverfahren <i>Penetryn/Posatryn-Verfahren</i>
Charakterisierung		Abdichtung undichter Rohrverbindungen durch Injektion von Acrylharzen unter Verwendung eines Packers
Prinzipskizze		<p>① Fernsehkamera ② Packer ③ Injizierter Bereich</p> 
Einsatzbereiche, leistungsspezifische Randbedingungen	Schadensart	Undichte Rohrverbindungen, örtlich begrenzte Undichtigkeiten
	Kanalwerkstoff	Unabhängig (Ausnahme: Mauerwerk und Kanäle mit stark unebener Oberflächenstruktur)
	Nennweite	DN 150 bis DN 4500, Eiquerschnitt ab 200 / 350
	Querschnittsform	Kreis- und Eiquerschnitt
	Arbeitsabschnitt	Lokal, $\leq 150$ m von einem Standort aus
	Grundwasser	Unabhängig
	Anschlüsse	Unabhängig
Vorarbeiten	Außerbetriebnahme	Teilbetrieb möglich
	Reinigung	HD-Reinigung, Beseitigung von Inkrustationen und Abflußhindernissen
	Erdarbeiten	Einziehbaugrube und Baugruben in Anschlußbereichen
	Belüften des Arbeitsabschnittes	Entfällt
Abschlußarbeiten	Nachbehandlung	Entfällt
	Dichtheitsprüfung	Vor Einziehen des Rohrstranges und / oder nach Ringraumverfüllung entsprechend DIN 4033 bzw. DIN 4279
Bemerkungen		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Querschnittsreduzierung</li> <li>- Einsatzbeschränkung bei Krümmungen mit Biegeradius <math>&lt; 50 \times</math> Rohrdurchmesser sowie Abwinkelungen <math>&gt; 5^\circ - 7^\circ</math></li> <li>- Erhöhung der statischen Tragfähigkeit</li> <li>- Beachtung des kritischen Beuldrucks sowie des Auftriebs bei der Ringraumverfüllung erforderlich</li> </ul>



Verfahren		<b>Sanierung</b> Beschichtungsverfahren <i>Centriline-Verfahren</i>
Charakterisierung		Anschleudern von Beschichtungsmaterial durch einen schnell rotierenden Schleuderkopf an die Rohrrinnenwand
Prinzipskizze		
Einsatzbereiche, leitungsspezifische Randbedingungen	Schadensart	Längs-, Querrisse, Korrosion
	Kanalwerkstoff	Guß, Stahl, Beton, Asbestzement, Steinzeug
	Nennweite	DN 80 bis DN 6700
	Querschnittsform	Kreisquerschnitt
	Arbeitsabschnitt	120 m (< DN 600) bis 450 m (> DN 600)
	Grundwasser	Stellen mit Grundwasserinfiltration sind vorab abzudichten
	Anschlüsse	Unabhängig
Vorarbeiten	Außerbetriebnahme	Erforderlich
	Reinigung	HD-Reinigung, Beseitigung von Inkrustationen und Abfluhindernissen
	Erdarbeiten	Entfallen
	Belüften des Arbeitsabschnittes	Erforderlich bei manuellen Arbeiten in der Haltung
Abschlußarbeiten	Nachbehandlung	Verschließen des sanierten Leitungsabschnittes bis zur Inbetriebnahme
	Dichtheitsprüfung	Bei Bedarf entsprechend DIN 4033 bzw. DIN 4279
Bemerkungen		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einsatzbeschränkung durch Rohrversatz, -abwinkelungen</li> <li>- Fehlende, stark korrodierte u. a. Rohrwandbereiche sind vorzuprofilieren</li> <li>- Querschnittsreduzierung</li> <li>- Korrosionsgefahr bei Beschichtungsmaterialien auf der Basis von Zement</li> <li>- Zusätzliche Erhöhung der Tragfähigkeit durch Einbau einer Bewehrung möglich</li> <li>- Untergrundvorbehandlung abhängig von Beschichtungsmaterialien</li> <li>- Vergleichbare Verfahren: Dynamicrete-Rotary Shotcrete-System CSL-Polyspray</li> </ul>

Verfahren		Sanierung Reliningverfahren Rohrstrang-Relining	Sanierung Reliningverfahren Kurzrohr-Relining
Charakterisierung		Einziehen eines durchgehenden Kunststoffrohrstranges mit Kreisquerschnitt in die zu sanierende Haltung. Der verbleibende Ringraum wird in der Regel verfüllt.	Einbringen von Einzelrohren in die zu sanierende Haltung. Der verbleibende Ringraum wird in der Regel verfüllt.
Prinzipskizze			
Einsatzbereiche, leitungsspezifische Randbedingungen	Schadensart	Sämtliche Schadensarten mit Ausnahme von Einsturz	Sämtliche Schadensarten mit Ausnahme von Einsturz
	Kanalwerkstoff	Unabhängig	Unabhängig
	Nennweite	DN 80 bis DN 2000	Unabhängig
	Querschnittsform	Unabhängig, vorzugsweise Kreisquerschnitt	Unabhängig
	Arbeitsabschnitt	≤ 700 m	Abhängig von Nennweite und Einbringverfahren
	Grundwasser	Stellen mit stärkerer Grundwasserinfiltration sind vorab abzudichten	Stellen mit stärkerer Grundwasserinfiltration sind vorab abzudichten
	Anschlüsse	Vorab verschließen oder in offener Bauweise abtrennen	Vorab verschließen oder in offener Bauweise abtrennen
Vorarbeiten	Außerbetriebnahme	Teilbetrieb möglich	Teilbetrieb möglich
	Reinigung	HD-Reinigung, Beseitigung von Inkrustationen und Abflußhindernissen	HD-Reinigung, Beseitigung von Inkrustationen und Abflußhindernissen
	Erdarbeiten	Einziehbaugrube und Baugruben in Anschlußbereichen	In Abhängigkeit von Verfahren und Nennweite Startbaugrube und / oder Baugrube in Anschlußbereichen erforderlich
	Belüften des Arbeitsabschnittes	Entfällt	Erforderlich bei manuellen Arbeiten in der Haltung
Abschlußarbeiten	Nachbehandlung	Entfällt	Entfällt
	Dichtheitsprüfung	Vor Einziehen des Rohrstranges und / oder nach Ringraumverfüllung entsprechend DIN 4033 bzw. DIN 4279	Entsprechend DIN 4033 bzw. DIN 4279
Bemerkungen		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Querschnittsreduzierung</li> <li>- Einsatzbeschränkung bei Krümmungen mit Biegeradius &lt; 50 x Rohrdurchmesser sowie Abwinkelungen &gt; 5° - 7°</li> <li>- Erhöhung der statischen Tragfähigkeit</li> <li>- Beachtung des kritischen Beuldrucks sowie des Auftriebs bei der Ringraumverfüllung erforderlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Querschnittsreduzierung</li> <li>- Verfahrensbedingt große Anzahl an Rohrverbindungen</li> <li>- Erschwerung der Arbeiten bei Rohrversatz, -abwinkelungen und -deformationen</li> <li>- Erhöhung der statischen Tragfähigkeit</li> <li>- Beachtung des zulässigen Beuldrucks sowie des Auftriebs bei Ringraumverfüllung erforderlich</li> </ul>

Verfahren		Sanierung Reliningverfahren Wickelrohr-Relining	Sanierung Reliningverfahren Schlauch-Relining
Charakterisierung		Einschieben eines örtlich aus PVC-Steg-Profilstreifen hergestellten Wickelrohres mit Kreisquerschnitt in die zu sanierende Haltung. Der Ringraum wird in der Regel verfüllt.	Ein mit Kunstharz getränkter vorkonfektionierter Filzschlauch wird in die zu sanierende Haltung eingebracht und durch Aufbringen eines Innendruckes an die Rohrrinnenwand angepreßt. Die Erhärtung erfolgt in situ durch Wärmezufuhr.
Prinzipskizze			
Einsatzbereiche, leistungsspezifische Randbedingungen	Schadensart	Sämtliche Schadensarten mit Ausnahme von Einsturz	Sämtliche Schadensarten mit Ausnahme von Einsturz
	Kanalwerkstoff	Unabhängig	Unabhängig
	Nennweite	DN 150 bis DN 900	DN 100 bis DN 2000
	Querschnittsform	Unabhängig, vorzugsweise Kreisquerschnitt	Unabhängig, vorzugsweise Kreisquerschnitt
	Arbeitsabschnitt	Haltungsweise	ca. 300 m
	Grundwasser	Stellen mit stärkerer Grundwasserinfiltration sind vorab abzudichten	Stellen mit Grundwasserinfiltration sind vorab abzudichten
	Anschlüsse	Vorab verschließen oder in offener Bauweise abtrennen	Vorausmaßnahmen entfallen; nachträgliches Aufbohren des Inliners im Anschlußbereich von innen
Vorarbeiten	Außerbetriebnahme	Teilbetrieb möglich	Erforderlich
	Reinigung	HD-Reinigung, Beseitigung von Inkrustationen und Abflußhindernissen	HD-Reinigung, Beseitigung von Inkrustationen und Abflußhindernissen
	Erdarbeiten	Baugruben in Anschlußbereichen	Entfallen (in Ausnahmefällen in Anschlußbereichen Baugrube erforderlich)
	Belüften des Arbeitsabschnittes	Entfällt	Entfällt
Abschlußarbeiten	Nachbehandlung	Entfällt	Entfällt
	Dichtheitsprüfung	Bei Bedarf entsprechend DIN 4033 bzw. DIN 4279	Bei Bedarf entsprechend DIN 4033 bzw. DIN 4279
Bemerkungen		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Querschnittsreduzierung</li> <li>- Dichtigkeit der einzelnen Profilverbindungen u. U. kritisch</li> <li>- Erschwerung der Arbeiten bei Rohrversatz, -abwinkelungen und -deformationen</li> <li>- Beachtung des kritischen Beuldrucks sowie des Auftriebs bei Ringraumverfüllung erforderlich</li> <li>- Erhöhung der statischen Tragfähigkeit</li> <li>- Relativ hohe Werkstoffvorbelastung in Abhängigkeit von Biegeradius und Temperatur beim Wickelvorgang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Querschnittsreduzierung</li> <li>- Faltenbildung bei Krümmungen, Abwinkelungen</li> <li>- Bei unsachgemäßer Tränkung des Filzschlauches mit Kunstharz und Weiterverarbeitung werden Dichtigkeitsanforderungen nicht erfüllt</li> <li>- Gefahr der Blasenbildung bei punktuellm Ansammeln von überschüssigem Harz</li> <li>- Erhöhung der statischen Tragfähigkeit möglich</li> <li>- Zugehörige Verfahren: Insituform Copeflex KM-Inliner</li> </ul>

Verfahren		Sanierung Montageverfahren Teil- und Vollauskleidung	Erneuerung Geschlossene Bauweise Berstverfahren
Charakterisierung		Teil- oder Vollauskleidung begehrbarer Kanäle und ggf. der Bauwerke der Ortsentwässerung durch Montage einzelner selbsttragender oder nicht selbsttragender Auskleidungselemente vor Ort.	Durchziehen eines Berst- bzw. Verdrängungskörpers durch die zu erneuernde Haltung unter Zerstörung der Rohrwandung durch statische oder dynamische Krafteinleitung und Verdrängung der Bruchstücke in den Boden. Einbau einer neuen Leitung (Rohrstrang oder Kurzrohre) gleicher oder größerer Nennweite unmittelbar hinter dem Berst- bzw. Verdrängungskörper.
Prinzipskizze			
Einsatzbereiche, leistungsspezifische Randbedingungen	Schadensart	Korrosion, partielle Undichtigkeiten, Längs- und Querrisse, fehlende Wandungsbereiche	Sämtliche Schadensarten mit Ausnahme von Einsturz
	Kanalwerkstoff	Unabhängig	Grauguß, Steinzeug, unbewehrter Beton, Asbestzement
	Nennweite	Begehrbar ( $\geq$ DN 800)	DN 75 bis DN 400
	Querschnittsform	Unabhängig	Kreisquerschnitt
	Arbeitsabschnitt	Lokal, haltungsweise	70 m bis 120 m
	Grundwasser	Stellen mit Grundwasserinfiltration sind vorab abzudichten	Grundwasserstand muß unterhalb der Rohrsohle liegen
	Anschlüsse	Unabhängig	Vorab in offener Bauweise abtrennen
Vorarbeiten	Außerbetriebnahme	Verfahrensabhängig	Erforderlich
	Reinigung	HD-Reinigung, Beseitigung von Inkrustationen und Abflußhindernissen im zu sanierenden Bereich	Entfällt
	Erdarbeiten	In Abhängigkeit von Verfahren und Nennweite u. U. Baugrube erforderlich	In Abhängigkeit vom gewählten Verfahren Erstellen einer Startbaugrube erforderlich, Baugruben in Anschlußbereichen
	Belüften des Arbeitsabschnittes	Erforderlich	Entfällt
Abschlußarbeiten	Nachbehandlung	Entfällt	Entfällt
	Dichtheitsprüfung	Bei Bedarf entsprechend DIN 4033 bzw. DIN 4279	Bei Bedarf entsprechend DIN 4033 bzw. DIN 4279
Bemerkungen		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Richtlinie für Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen mit Kunststoffbauteilen für Misch- und Schmutzwasserkäule; Anforderungen und Prüfungen. IfB Berlin 1982 [390] beachten</li> <li>- Erhöhung der statischen Tragfähigkeit möglich</li> <li>- Querschnittsreduzierung</li> <li>- Erhöhung der Fließgeschwindigkeit durch Profil- bzw. Gefälleänderung möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geringe Querschnittsvergrößerung in Abhängigkeit i. a. von der Überdeckungshöhe und der Beschaffenheit der Leitungszone möglich</li> <li>- Leitungsstrasse muß geradlinig und ohne größere Abwinkelungen sein</li> <li>- Gefahr von Setzungen bei größerem Außendurchmesser des Berstkörpers gegenüber dem der neuen Leitung</li> <li>- Hohe Anzahl an Rohrverbindungen beim Einbringen von Einzelrohren</li> <li>- Veränderte Bettungsbedingungen der neuen Leitung sind zu berücksichtigen</li> <li>- Sicherheitsabstand zu kreuzenden oder parallel verlaufenden Leitungen beachten</li> <li>- Zugehörige Verfahren: P. I. M., Pipe Expansion, Nu-Size, Merstan</li> <li>KM-Berstlining</li> </ul>

## ANHANG B

